INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Universidade Técnica de Lisboa

HomeSense

Monitorização e controlo baseado em smartphone em ambientes domésticos

Hugues Mickael Carreira da Silva

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia de Redes de Comunicações

Júri

Presidente:	Prof. Doutor Paulo Jorge Pires Ferreira
Orientador:	Prof. Doutor Rui Manuel Rodrigues Rocha
Vogais:	Prof. Doutor João Coelho Garcia

Outubro de 2011

Agradecimentos

Primeiro, por ter aceite orientar a minha tese e por toda a ajuda proporcionada, quero agradecer ao Professor Rui Rocha. A sua constante dedicação e as suas contínuas dicas e críticas foram fundamentais para o correcto desenvolvimento da mesma.

Ao meu amigo Carlos Rodrigues pelo incentivo que me deu e pelas horas que perdeu para me ajudar dando dicas e estando ao meu lado na resolução de alguns problemas.

Ao Bruno Gonçalves que, independentemente de estar ocupado com a sua vida profissional, esteve sempre disponível para me ajudar e explicar certas características do ambiente de desenvolvimento.

Aos meus amigos, Bruno Quintino, Filipe Menino, Mariline Silva, João Norberto e André Fernandes, por todo o apoio e por toda a força e preocupação que manifestaram durante este último ano.

A todos os meus colegas da Identity, pela preocupação e ajuda que me foram disponibilizando ao longo de todo este tempo.

A toda a minha família, pais, irmã, avós, cunhados Adolfo Ferreira e Rute Sarmento, pelo apoio e a dedicação que depositaram em mim mesmo nos momentos mais difíceis.

Finalmente, à minha querida namorada Ana Ferreira, por toda a força que me deu, por ter estado sempre ao meu lado, mesmo quando a maioria do meu tempo disponível era ocupado na tese e por ter aguentado tudo durante este tempo.

Abstract

Recently, there has been an increase in devices and applications for smart homes. This has meant that there is an increasing heterogeneity in terms of equipment and connections between them. Therefor, there is a great need to create solutions that facilitate the interconnection of all these components, providing a totally transparent operation to the user. This abstraction layer defines the concept of middleware. Besides this problem of heterogeneity, we also need to consider increasing the usability provided, allowing to increase the user's convenience.

Nowadays, due to major technological developments, specifically in the area of multifunctional mobile devices, it is not unthinkable to imagine the migration of this kind of middleware in such equipment as it will provide users with an excellent integration of multiple services under a stunning user interface. In addition to this migration, the use of smartphone's sensory capabilities can improve and innovate the way the user interacts with his home.

This work aims to continue the middleware iDASH [1], which allows us to create a layer of abstraction, expanding it to mobile platforms, specifically equipments developed by Apple. Additionally, it enables the possibility to interact remotely with home. The final result will allow all operations that were carried out, until now, in static devices, like computers or presence detection methods through code or RFID, are carried out in Apple's multifunctional mobile phones. With the tests' results, it can be concluded that this solution introduces a significant improvement in user's interaction with his house.

Keywords

iPhone, iDASH, *Smart Home*, Middleware, Context-aware.

Resumo

Recentemente, tem-se verificado um aumento dos dispositivos e das aplicações para as casas inteligentes. Esta situação tem levado a que se verifique uma heterogeneidade cada vez maior em termos de equipamentos e ligações entre eles. Logo, existe uma grande necessidade na criação de soluções que facilitem a interligação de todos estes componentes, permitindo fornecer um funcionamento totalmente transparente ao utilizador. Esta camada de abstracção define o conceito de *middleware*. Além deste problema de heterogeneidade, deve-se também pensar em aumentar a usabilidade proporcionada, melhorando a comodidade do utilizador.

Devido às grandes evoluções tecnológicas, mais precisamente na área dos dispositivos móveis multifuncionais, é impensável não imaginar a migração deste tipo de *middlewares* em tais equipamentos, pois permitirá fornecer aos utilizadores uma excelente integração de vários serviços sob uma espantosa interface de utilizador. Além desta migração, a utilização das capacidades sensoriais destes dispositivos poderá melhorar e inovar a forma como o próprio utilizador interage com a sua casa.

Este trabalho pretendeu dar continuidade ao *middleware* iDASH [1], o qual permite criar uma camada de abstracção, expandido-a às plataformas móveis, mais concretamente aos equipamentos desenvolvidos pela Apple. Adicionalmente, foi criada a possibilidade de interagir remotamente com a casa inteligente. O resultado final irá permitir que todas as operações, que eram realizadas até ao momento em dispositivos estáticos, isto é computadores ou métodos de detecção de presença através de código ou RFID, sejam realizadas nos dispositivos da Apple. Com os resultados obtidos dos testes realizados, verificou-se que esta solução introduz uma melhoria significativa na interacção com a casa por parte dos utilizadores.

Palavras-chave

iPhone, iDASH, *Smart Home*, Middleware, Context-aware.

Conteúdo

1 Introdução **1**

1.1 Motivação e objectivos . . . 2

1.2 Organização da dissertação . . . 3

2 Estado da Arte **5**

2.1 iDASH . . . 6

2.2 Sensorização . . . 7

2.2.1 Utilização de sistemas dedicados - Sensorização directa . . . 8

2.2.2 Utilização de sistemas dedicados - Sensorização indirecta . . . 9

2.2.3 Utilização do *smartphone* como um nó participativo . . . 10

2.3 Suporte à detecção de contexto . . . 11

2.4 Aplicações de controlo da casa . . . 13

2.5 Discussão . . . 13

3 Arquitectura **17**

3.1 Análise de requisitos . . . 18

3.1.1 Comunicação . . . 18

3.1.2 Descoberta de serviços . . . 18

3.1.3 Gestão de contextos . . . 18

3.1.4 Interface . . . 18

3.1.5 Gestão de perfis . . . 19

3.1.6 Poupança de energia . . . 19

3.1.7 Gestão de eventos . . . 19

3.1.8 Utilização dos sensores . . . 19

3.1.9 Interacção remota . . . 20

3.1.10 Novas aplicações . . . 20

3.2 Arquitectura do sistema . . . 20

3.3 Estrutura modular do iDASH . . . 23

3.4 Migração do iDASH para o *smartphone* . . . 24

3.5 Camada de aplicações 25

4 Implementação **27**

4.1 Ambiente de Desenvolvimento 27

4.2 Objectivos e Considerações 29

4.3 Funcionalidades e aplicações 30

4.3.1 Interface 30

4.3.2 Detecção de perfil 31

4.3.3 Detecção de contexto 33

4.3.4 Visualização multimédia 35

4.3.5 Interacção com iDASH 38

4.3.6 Interacção remota 41

4.3.7 Interface web 43

4.3.8 Mordomo digital 44

5 Testes e Avaliação **47**

5.1 Metodologias de avaliação e de validação 47

5.1.1 Avaliação 47

5.1.2 Validação 48

5.2 Testes 48

5.2.1 Cenário de teste 49

5.3 Resultados 52

5.3.1 Envio de pacotes em rajada 53

5.3.2 Envio de pacotes em intervalos de 0,1 segundo 54

5.3.3 Envio de pacotes em intervalos aleatórios 56

5.3.4 Envio de pacotes em rajada através de uma rede externa 57

5.3.5 Envio de pacotes em intervalos de 0,1 segundo através de uma rede externa 59

5.3.6 Envio de pacotes em intervalos aleatório através de uma rede externa 61

5.3.7 Consumo de bateria 62

5.3.8 Discussão 64

5.4 Testes de usabilidade 64

6 Conclusões **69**

6.1 Trabalho Futuro 71

A Anexo A **75**

A.1 Manual de instalação 75

A.1.1 Instalação 75

A.1.2 Utilização 77
A.2 Características do equipamento móvel para teste 77
A.3 Inquérito de usabilidade 78

Lista de Figuras

2.1 Evolução da arquitectura DASH para a arquitectura iDASH 6
2.2 Gráfico de medições efectuadas pelo acelerómetro [2] 11
2.3 Exemplo da utilização da aplicação WreckWatch [3] 11

3.1 Topologia pretendida 21
3.2 Fluxo de informação na realização de uma acção 22
3.3 Arquitectura do iDASH [1] 23
3.4 Arquitectura do iDASH para o *smartphone* 25

4.1 Cenário de teste utilizado no iDASH [1] 28
4.2 Janela Principal, Janela de Serviços, Janela de Controlo, Janela de Saída (da esquerda para a direita, respectivamente) 31
4.3 Esquema de funcionamento da detecção do perfil do utilizador 32
4.4 Cobertura obtida pelos ultra-sons nas localizações de teste 34
4.5 Diagrama de estados da detecção de contexto 35
4.6 Arquitectura de um servidor de *live streaming* para um dispositivo Apple 36
4.7 Diagrama de estados do processo de visualização de conteúdos multimédia 37
4.8 Diagrama de funcionamento do serviço de actualização da lista de reprodução 38
4.9 Fluxo de informação entre os diferentes módulos no caso da recepção de uma mensagem . 40
4.10 Fluxo de informação entre os diferentes módulos no caso da criação de uma mensagem . . 41
4.11 Cenário de funcionamento fora de casa 42
4.12 Diagrama de funcionamento da interacção remota 42
4.13 Diagrama de funcionamento do proxy 43
4.14 Criação de uma nova tarefa e registo no servidor 45
4.15 Actualização do cliente com novos dados do servidor 46

5.1 Cenário de teste utilizado no iDASH [1] 49
5.2 Cenário 1 - Detecção de perfil 50

5.3 Cenário 2 - Detecção de contexto e visualização de conteúdos multimédia no *smartphone* . 50
5.4 Cenário 3 - Visualização de tarefas através do serviço de mordomo digital 51
5.5 Cenário 4 - Detecção da saída de casa 51
5.6 Cenário 5 - Criação de tarefa fora da rede da casa inteligente 52
5.7 Cenário 6 - Utilização da aplicação de monitorização e controlo da casa numa rede externa 52
5.8 Tempo de resposta ao envio de pacotes em rajada sem intervalo 53
5.9 Perda de pacotes na recepção de rajadas sem intervalo 54
5.10 Tempo de resposta ao envio de pacotes com intervalo de 100 ms 55
5.11 Perda de pacotes na recepção com intervalo de 100 ms 56
5.12 Tempo de resposta ao envio de pacotes com intervalos aleatórios 57
5.13 Cenário de funcionamento da interacção remota 58
5.14 Tempo de resposta ao envio de pacotes em rajada sem intervalo 58
5.15 Perda de pacotes na recepção de rajadas sem intervalo 59
5.16 Tempo de resposta ao envio de pacotes com intervalo de 100 ms 60
5.17 Perda de pacotes na recepção com intervalo de 100 ms 61
5.18 Tempo de resposta ao envio de pacotes com intervalos aleatórios através de uma rede externa 61
5.19 Diagrama do funcionamento da aplicação de visualização da bateria 62
5.20 Consumo de bateria ao longo do tempo 63
5.21 Gráfico de média e mediana das classificações de cada grupo 66
5.22 Gráfico de média e mediana das respostas às perguntas 22, 23 e 24 67

Lista de Tabelas

2.1 Comparação entre métodos de posicionamento através de *smartphones* [5] 12
2.2 Comparação entre projectos e aplicações 15

4.1 Correspondência entre frequências de som utilizadas e símbolos enviados 34

5.1 Consumo da bateria consoante a aplicação que esteja activada 63

A.1 Características do equipamento móvel utilizado 78

Lista de Acrónimos

DHCP Dynamic Host Configuration Protocol

DLNA Digital Living Network Alliance

FFT Fast Fourier transform

GEMS Group of Embedded networked Systems and Heterogeneous Networks

GPS Global Positioning System

GSM Global System for Mobile Communications

iOS iPhone OS

IP Internet Protocol

MEMS Micro-Electro-Mechanical Systems

PDA Personal digital assistant

RFID Radio-Frequency IDentification

SMS Short Message Service

SSL Secure Sockets Layer

TLS Transport Layer Security

UDP User Datagram Protocol

VPN Virtual Private Network

1

Introdução

Actualmente, a tecnologia torna-se cada vez mais imprescindível no nosso dia-a-dia, uma evolução que chega a ser imperceptível ao Homem, acoplando-se aos objectos que nos rodeiam, abrangendo vários sectores para além das telecomunicações, sejam eles o automóvel, a saúde, ou até na indústria aeroespacial.

Um dos grandes incentivos ao constante desenvolvimento tecnológico tem a ver com a comodidade. O utilizador quer servir-se de algo da forma mais fácil possível, pelo que a tecnologia tem evoluído de forma a satisfazer esse requisito. Ou seja, no contexto dos ambientes residenciais, o utilizador pretende ter o total controlo sobre a sua infra-estrutura, como por exemplo, poder deslocar-se no interior da mesma fazendo com que o ambiente passe de uma localização para outra.

Este aumento da comodidade tem sido essencialmente a consequência das alterações que têm ocorrido ao nível das tecnologias de comunicação. A introdução da banda larga, e posteriormente da fibra óptica, para ligações desde o operador até casa dos clientes veio permitir a introdução de novos serviços relacionados com os conteúdos multimédia. Mesmo ao nível das casas em si, actualmente, uma grande diversidade de equipamentos já possuem a capacidade de se ligar à rede da mesma, fazendo com que estes dispositivos estejam todos interligados numa rede muito diversificada. As televisões, por exemplo, pos-

suem o mecanismo DLNA[1] que permite que estas se encontrem ligadas à rede e à internet. Desta forma é possível apresentar novos serviços que antigamente apenas eram acessíveis através de um computador. Contudo, esta situação trouxe consigo os problemas de heterogeneidade, pois o modo de funcionamento de uma televisão é completamente diferente de um computador, por exemplo.

De forma a resolver o problema apresentado no parágrafo anterior, da grande quantidade de equipamentos ligados à rede de casa e da sua heterogeneidade, é necessário existir algo que faça a interligação entre todos eles, daí o aparecimento dos *middlewares* para os ambientes residenciais. Assim é perceptível que neste conceito, os *middlewares* sejam de elevada importância, pois permitem que todos os dispositivos sejam interoperáveis criando uma camada de abstracção sobre os equipamentos e a forma como se interligam, que pode ser através de ethernet, X10, entre outros. Em termos de utilização, é possível controlar todos os equipamentos de uma única forma, facilitando a interacção do utilizador. Um exemplo destes *middlewares* é o iDASH [1], que foi desenvolvido no âmbito de uma dissertação de mestrado no Instituto Superior Técnico. Este permite que todos os dispositivos estejam interligados e possam comunicar entre si, disponibilizando também uma interface gráfica para a gestão dos mesmos. Além disto, também permite que seja efectuada a gestão de contextos e de perfis, de modo a existirem vários ambientes na casa inteligente.

Contudo, nestes sistemas ainda não está contemplada uma das principais evoluções tecnológicas dos últimos tempos: os telefones celulares multifuncionais, normalmente designados por *smartphones*. Uma das principais necessidades actuais, passa pela integração desses mesmos dispositivos no ambiente doméstico inteligente, que se apresentou como o tema desta tese. Através da utilização das muitas capacidades possuídas pelos *smartphones*, graças aos sensores que têm agregados (acelerómetro, magnetómetro, etc.), é possível acrescentar funcionalidades às casas inteligentes, como a tomada de decisões em determinadas situações. O dispositivo móvel pode também ter o perfil do utilizador associado, alterando o modo de detecção, que anteriormente seria, por exemplo, através de um código. Outra vantagem associada a este cenário é, a possibilidade da monitorização do ambiente residencial ser efectuada no próprio dispositivo móvel. Deste modo, a monitorização e o controlo do ambiente residencial inteligente não ficam restritos em termos locais, podendo serem feitos remotamente e sem a necessidade de dispositivos adicionais.

1.1 Motivação e objectivos

Nos últimos anos, tem-se assistido a uma grande proliferação dos *smartphones*, fazendo com que se tenha verificado um enorme crescimento ao nível das vendas. Alguns destes dispositivos possuem vários sensores, entre os quais, dos mais populares, o acelerómetro, permitindo a integração, não só ao nível de interface mas também ao nível de participação, na casa inteligente.

[1] http://www.dlna.org/home

Actualmente, e devido aos factos referidos anteriormente, torna-se cada vez mais importante disponibilizar todo e qualquer tipo de aplicação ou interacção num *smartphone*, permitindo deste modo a realização de qualquer acção num único dispositivo. Como tal, no caso de um ambiente doméstico, é fundamental a criação de uma solução que permita a sua monitorização, bem como o seu controlo, através desses telefones. Deste modo, pretende-se migrar para a plataforma móvel a solução de *middleware* iDASH, sem efectuar qualquer tipo de alteração ao mesmo.

Devido à mobilidade permitida por estes telefones celulares, é também essencial a introdução de funcionalidades que permitam a interacção remota com o ambiente doméstico. Contudo, não nos podemos esquecer das capacidades inerentes aos *smartphones*, tais como os sensores existentes no seu interior. Deste modo, pretende-se também o desenvolvimento de aplicações, que utilizem essa capacidade sensorial, integradas no *smart home*.

Concluindo, de uma forma resumida, os objectivos desta tese são os seguintes:

- Estender o iDASH aos *smartphones*;
- Desenvolver um sistema inteligente de controlo e monitorização de uma casa inteligente através de um telefone celular multifuncional;
- Possibilitar a interacção remota com o ambiente residencial inteligente permitindo a realização de todas as tarefas como se o utilizador estivesse mesmo na casa;
- Criar novas aplicações para o telefone celular que se integrem no sistema existente.

1.2 Organização da dissertação

O presente documento segue uma estrutura, onde, seguidamente a esta secção, da introdução, é descrito o estado da arte na área. Inicialmente é analisado e explicado de uma forma resumida o *middleware* existente que foi utilizado para o desenvolvimento deste projecto. De seguida, são analisadas as principais utilizações de sensores, sejam eles acelerómetros, giroscópios, microfones, entre outros, nas casas inteligentes. Posteriormente é feita uma breve análise das técnicas existentes para a localização dentro de edifícios, de onde se retiram conclusões relativamente à precisão e ao custo das mesmas. Finalmente, são discutidas todas as secções de onde foram retiradas conclusões importantes para o desenvolvimento deste trabalho.

No terceiro capítulo, é proposta a arquitectura da solução desenvolvida, bem como os seus requisitos. Foi também explicada a funcionalidade de cada componente da mesma, de modo a tornar totalmente

perceptível a finalidade pretendida.

No capítulo seguinte, é apresentada toda a implementação feita para o desenvolvimento deste projecto. Após demonstrar o funcionamento de cada componente, bem como a sua implementação, são discutidas outras alternativas existentes e são também apresentadas as razões das opções tomadas.

No quinto capítulo é apresentada a avaliação e a validação do trabalho. Nesta secção estão descritas as métricas utilizadas para testar a solução, bem como o cenário de teste. São também apresentados os resultados obtidos de todos os testes realizados. Adicionalmente, é demonstrado um inquérito que foi apresentado a várias pessoas anónimas e sem qualquer conhecimento do trabalho desenvolvido, assim como os resultados e as conclusões retiradas.

Por fim, no sexto e último capítulo, são apresentadas as conclusões finais deste projecto e algumas sugestões de trabalho futuro para melhorar e acrescentar funcionalidades a esta solução.

2

Estado da Arte

Recentemente, a investigação na área dos ambientes domésticos inteligentes tem sido direccionada para a utilização de outros dispositivos, como os equipamentos móveis, por forma a interagirem com o *smart home*, aumentando o leque de funcionalidades permitidas pelo próprio ambiente, não se restringindo apenas à monitorização e ao controlo da casa. Passaram a ser utilizados outros sensores, tais como os acelerómetros, os magnetómetros, permitindo entre outras finalidades, a detecção de movimentos/quedas de pessoas.

Inicialmente, irá ser abordado o *middleware* iDASH, a partir do qual será feita a migração para o equipamento móvel. Apenas será discutido este, pois esta tese não pretende abordar as soluções de *middleware* existentes, porque o foco está na utilização dos equipamentos móveis, bem como das suas capacidades sensoriais, nas casas inteligentes. Posteriormente irão ser abordados os métodos de sensorização directa e indirecta, bem como a utilização dos sensores do próprio *smartphone*. Depois serão abordados os métodos de localização *indoor*. Finalmente serão apresentados alguns projectos/aplicações existentes que façam uso de um *smartphone* e será apresentada uma pequena discussão sobre todos estes temas.

2.1 iDASH

Este *middleware* tem por base o DASH [4] que assenta numa arquitectura distribuída e modular, ou seja, é composto por um conjunto de módulos distribuídos, permitindo uma melhor adaptação à limitação de recursos dos diversos dispositivos onde pode estar a funcionar. Esta solução pretende eliminar do utilizador as complexas e aborrecidas tarefas de administração presentes em muitas outros sistemas. Além de permitir uma total transparência ao nível dos dispositivos conectados, isto é, que se verifique uma total interoperabilidade entre diferentes dispositivos. A utilização de diferentes tecnologias é igualmente transparente para as aplicações. No desenvolvimento do DASH, foram criados os módulos essenciais ao seu funcionamento, tais como a parte de tratamento de eventos, a componente de comunicação, o módulo de pesquisa de serviços.

Posteriormente, o iDASH veio acrescentar os módulos de gestão de contexto, de perfil e de ligações, bem como uma interface web de gestão. Estes novos módulos permitiram identificar vários utilizadores na mesma casa (módulo de gestão de perfil), bem como "transportar"os serviços que o utilizador estava a utilizar numa localização para onde ele se mova (módulo de gestão de contexto). O módulo de gestão de ligações permite utilizar a tecnologia mais adequada quando se verifica a existência de mais do que uma que interliga um dispositivo. A interface web veio permitir facilitar a alteração de parâmetros associados ao perfil do utilizador, indo ao encontro das necessidades e pretensões dos utilizadores, bem como permitir a activação / desactivação dos serviços associados. Adicionalmente, veio também possibilitar a utilização de comandos remotos, como o comando da Wii, para controlar dispositivos existentes na casa inteligente.

Na imagem 2.1, é possível visualizar a comparação entre as duas arquitecturas descritas acima.

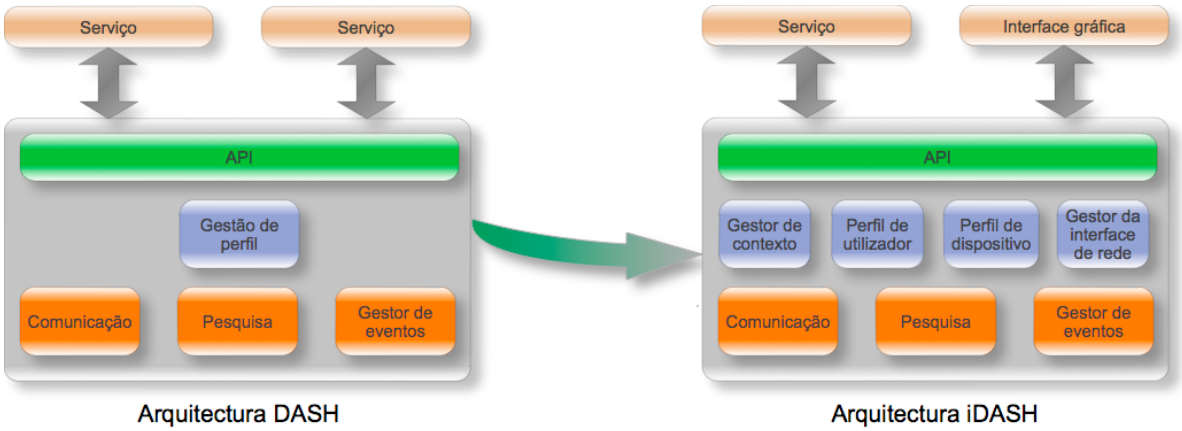

Figura 2.1: Evolução da arquitectura DASH para a arquitectura iDASH

Basicamente, pode-se concluir que as principais diferenças entre o DASH e o iDASH foi a criação e integração dos módulos de gestão de contexto, de perfil e de ligações, assim como a criação de uma interface gráfica, mantendo-se todos os princípios básicos do DASH.

2.2 Sensorização

A integração de actuadores nas redes de sensores é muitas vezes considerada a evolução que devem seguir as redes sem fios de sensores. Esta integração é muito importante pois minimiza a infra-estrutura necessária. As redes de sensores têm a capacidade de auto configuração que simplifica o processo de instalação dos sistemas de automação das casas. Uma rede de sensores é possuidora de inteligência quando ela se consegue adaptar a uma situação e apresenta determinada informação no momento. Ou seja, uma rede inteligente é aquela que consegue tomar decisões em determinadas situações sem a intervenção do utilizador.

Estas redes captam uma série de estímulos do meio ambiente, e com base nesses dados ela pode tomar decisões, definidas de acordo com preferências do utilizador ou modelos preditivos. Essa recolha de dados, normalmente conhecida por sensorização, pode-se dividir na sensorização directa e na sensorização indirecta.

No caso da sensorização directa, o dispositivo utiliza um sensor próprio para obter uma determinada informação, como por exemplo o GPS para obter a sua localização. Se o dispositivo móvel não possuir GPS, então ele pode utilizar vários sensores que possui por forma a substituir a falta dele, tais como o magnetómetro e o acelerómetro para determinar a posição em que está. Outro cenário em que se pode fazer a distinção entre as diferentes sensorizações, é a utilização de sensores para a determinação da queda de uma pessoa. Se o utilizador tiver na sua posse um dispositivo que possua um acelerómetro, tal como um *smartphone*, através deste sensor é possível detectar se o indivíduo caiu ou não; neste caso é utilizada a sensorização directa. Caso contrário, é possível detectar uma queda através dos sensores espalhados na casa, tais como sensores auditivos, aplicando-se a sensorização indirecta.

Ao nível das redes de sensores para casas inteligentes, tem-se verificado um grande número de projectos e estudos que são feitos olhando para o desenvolvimento dessa área. Estes sistemas inteligentes são da maior importância para pessoas que, por exemplo, não conseguem ouvir a campainha, pessoas com a doença de Alzheimer que se esquecem do gás aceso por exemplo, ou até mesmo para pessoas que tenham sofrido alguma amputação ou que tenham alguma deficiência nalgum membro [6].

Analisando os exemplos especificados no parágrafo anterior, podem encontrar-se diversas formas de contornar os problemas através do uso da tecnologia fornecida por uma casa inteligente. Quando uma pessoa não consegue abrir uma porta ou utilizar uma chave para o efeito, pode ser utilizado um sistema que trata dessa tarefa sem qualquer movimento da pessoa. Através de vários sensores, o sistema detecta e efectua o reconhecimento da pessoa e, consoante a identidade detectada, o próprio sistema decide se abre ou não a porta automaticamente. Considerando uma pessoa com uma deficiência auditiva, ouvir uma campainha a tocar é um problema para ela. Para resolver esta questão, pode ser utilizado um sistema de vibração em que a pessoa transporta com ela um dispositivo que vibra caso seja detectado um evento do género, como por exemplo alguém a tocar a campainha. Em relação ao último exemplo apresentado, no

caso de uma pessoa possuir a doença de Alzheimer, ou seja, muito facilmente se esquece do que estava a fazer, a solução inteligente providencia um sistema de alerta que avisa a pessoa através de um som, de uma mensagem de aviso ou de uma vibração.

A maioria das soluções existentes para monitorização de idosos, e que estão especificadas mais abaixo, utilizam acelerómetros, mas existem outras como a utilização de um dispositivo (crachá) que é transportado pelo utilizador e que funciona como uma *bridge* entre a rede e o utilizador [7]. Mas irão ser focados apenas os projectos que utilizem acelerómetros, pois estes estão presentes em muitos dos *smartphones* que se utilizam hoje em dia. Em relação a este último, ele pode ser utilizado como uma interface ou como um nó participativo na rede. Na situação em que é utilizado como interface, ele apenas tem a função de leitura/amostragem de informação, ou seja, não tem qualquer função activa na rede. No caso de ser utilizado como um nó participativo, ele é um elemento activo na rede, podendo, por exemplo, utilizar as suas capacidades sensoriais para determinadas acções e informar a rede de determinadas situações, ou seja, despoletar eventos. Os trabalhos realizados em que o dispositivo móvel tem apenas uma função passiva, ou seja, é utilizado como uma interface, não foram tidos em conta, pois neste projecto o *smartphone* irá ter uma participação activa no sistema, isto é, serão utilizadas muitas das suas capacidades para diversas acções. Contudo, também irá ser criada uma interface gráfica que permita a interacção do utilizador com o sistema, tal como acontece no iDASH.

2.2.1 Utilização de sistemas dedicados - Sensorização directa

Um dos projectos em análise que não utiliza um telefone celular multifuncional, seja como nó participativo ou como interface, é o "Accurate, fast fall detection using gyroscopes and accelerometer-derived posture information" [8]. Neste projecto são utilizados giroscópios e dois acelerómetros tri-axiais que são colocados em diferentes locais do corpo do utilizador, de modo a detectar quedas do mesmo. Por forma a obter resultados mais satisfatórios, as actividades humanas foram divididas em duas categorias, as posturas estáticas e as transições dinâmicas. Em relação às posturas estáticas, são definidas quatro posições: sentado, em pé, dobrado e deitado. A outra categoria, as transições dinâmicas, dizem respeito aos movimentos efectuados entre as diferentes posturas especificadas anteriormente. Para a detecção de uma queda, é medida a velocidade angular, bem como a aceleração linear. Desta forma é verificada a intencionalidade de um movimento. Ou seja, se uma transição não for intencional, o sistema detecta que houve uma queda. Neste trabalho tentaram-se também reduzir os falsos positivos e os falsos negativos. Neste cenário, um falso positivo pode ser o movimento que uma pessoa faz ao sentar-se rapidamente, e um falso negativo pode ser uma queda nas escadas, acontecendo que esta última não seria detectada pois o indivíduo estaria a descer as escadas. Uma das desvantagens deste projecto é a dificuldade em

detectar determinadas quedas ou determinados movimentos, por exemplo, detectar um salto para a cama ou uma queda contra uma parede numa postura sentada. Consequentemente, é necessária a introdução de informação de contexto.

Outro projecto em que é utilizada a sensorização directa é a "Activity Recognition using Actigraph Sensor" [9]. Neste caso é utilizado um *actigraph watch*[1], que possui um acelerómetro embebido. Este relógio permite o reconhecimento de actividades realizadas em casa. Para este reconhecimento são utilizados algoritmos de predição, que induzem uma precisão de aproximadamente 87%.

O projecto "Activity Recognition using Cell Phone Accelerometers" [10] faz uso do acelerómetro que alguns telefones celulares possuem, de modo a efectuar o reconhecimento de actividades. Para desenvolver o sistema, os autores recolheram os dados obtidos pelos acelerómetros de 29 utilizadores, os quais praticaram as suas típicas actividades diárias como andar, correr, subir escadas ou sentar, e agregaram estes dados de forma a sumariar a actividade do utilizador. Posteriormente usaram os dados resultantes para induzir um modelo preditivo para reconhecimento de actividades, permitindo conhecer os hábitos das pessoas de forma passiva apenas através do uso do telefone nos seus bolsos.

O "Motion tracking for smart home care" [11] é um projecto que traz algumas facilidades principalmente aos idosos e pessoas desabilitadas. Neste caso, os movimentos dos braços e os gestos das mãos são traduzidos em comandos. A captura do movimento é independente da utilização de câmaras de alta resolução. Os comandos são interpretados pelo *smart home*. Este é um dispositivo fácil de utilizar e simples que pode melhorar a comunicação e o estilo de vida de muitas pessoas, aumentando a sua qualidade de vida.

Um novo produto que também faz uso da sensorização directa, é o "Kinect"da Microsoft[2]. Este artigo foi lançado recentemente e tem tido um enorme sucesso. Este dispositivo faz uso de uma câmara que detecta os movimentos efectuados pelos jogadores. Estes movimentos podem ser muito variados, desde movimentos de pernas, de braços, entre muitos outros. Uma das grandes vantagens deste dispositivo, além de permitir a detecção de movimentos, é que não necessita de qualquer aparelho no utilizador, permitindo ao utilizador estar livre de qualquer comando ou sensor.

2.2.2 Utilização de sistemas dedicados - Sensorização indirecta

Devido ao facto do número de pessoas desabilitadas a viverem sozinhas estar a aumentar significativamente, é necessário um sistema que monitorize o comportamento diário das pessoas para manter as suas vidas saudáveis e detectar uma potencial emergência. O sistema deve ser desenvolvido com sensores e de modo a não serem intrusivos para as pessoas.

[1] http://www.healthcare.philips.com/main/homehealth/sleep/actiwatch/default.wpd

[2] http://download.cqe.cz/_MICROSOFT/Xbox_LIVE_Attach_50off/Flash prezentace/CZECH/Xbox 360 Kinect Guidelines.pdf

Como tal, a monitorização da saúde de uma pessoa está a ser um dos grandes focos da investigação na área de *smart homes*. O projecto "Estimation of indoor physical activity level based on footstep vibration signal measured by MEMS accelerometer for personal health care under smart home environments" [12] foi um trabalho desenvolvido para a monitorização do nível de energia da pessoa em causa. Para efectuar esta monitorização são utilizados sensores de ambiente. Através de parâmetros estatísticos extraídos do passo e do andar, são estabelecidos padrões, e é analisada a variação desses padrões. Periodicamente, é enviada informação sobre a pessoa ao seu médico.

Para completar esta secção de aplicações/projectos, apresenta-se o "Taking the Mystery Out of Sensing Devices in the Home" [13], que faz uso de ambos os tipos de sensorização, tanto indirecta como directa. Este é um sistema que fornece informação em tempo real através de sensores distribuídos pela casa. De forma a avaliar o estado corporal do utilizador, são utilizados dados fornecidos por uma câmara e por sensores de pressão colocados no colchão que é utilizado. Adicionalmente, esses dados podem ser introduzidos num *smartphone*, fazendo com que seja possível personalizar o treino.

2.2.3 Utilização do *smartphone* como um nó participativo

O projecto "I'm Home" [14] utiliza uma das características presentes em todos os *smartphones*, o ecrã táctil. Existem diversos modelos no mercado, sejam capacitivos ou resistivos, ou mesmo os de retina recentemente utilizados no novo Iphone[3], e todos permitem a interacção com o dispositivo através de movimentos dos dedos. Nesta aplicação, a interacção é feita através de gestos, que são movimentos feitos pelos dedos no visor. Esses movimentos realizados pelo utilizador possibilitam a interacção com diversos dispositivos da casa, tal como a televisão. Como o utilizador interage directamente através de gestos, é considerado que esta aplicação utiliza sensorização directa.

No projecto "SensorFall" [2], é efectuada uma monitorização em tempo real da pessoa, isto é, da sua posição física, através da utilização de um acelerómetro. O *smartphone* está constantemente a medir a aceleração através do próprio sensor, vai processando a informação e depois mostra-a no visor do dispositivo. No caso em que sejam detectados valores anormais na aceleração, a aplicação apresenta duas opções no ecrã do telefone, YES ou NO, e se nos 10 segundos seguintes a esse evento não for seleccionada uma opção, por defeito é escolhida a opção YES. Nesse preciso momento, o sistema assume que o utilizador teve uma queda e efectua os procedimentos predefinidos, isto é, efectua uma ligação para os serviços de emergência e pode contactar outras pessoas. Um dos problemas neste tipo de aplicações de detecção de quedas de pessoas, tem a ver com os valores medidos noutras acções, por exemplo o acto de subir escadas, o que pode despoletar falsos alarmes. Para evitar estes alarmes, mais conhecidos por falsos positivos, são utilizados determinados limiares nos valores de medição e uma medição acima desses

[3] `http://www.apple.com/iphone/design/`

limites indica que se está a verificar a queda da pessoa. Na figura 2.2, apresenta-se um gráfico onde se pode verificar a curva das diferentes medições e os limiares a partir dos quais é considerada uma queda.

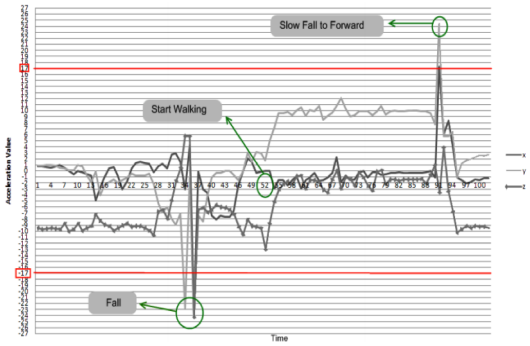

Figura 2.2: Gráfico de medições efectuadas pelo acelerómetro [2]

O WreckWatch [3] é uma aplicação que já está disponível para utilização nos *smartphones* com o sistema operativo Android. Esta é uma aplicação muito útil para os condutores, pois ela detecta acidentes de automóvel em tempo real, isto através do acelerómetro presente no dispositivo móvel e do GPS. Ela analisa os dados do receptor de GPS e do acelerómetro detectando súbitas acelerações que possam indicar uma colisão. Outros dispositivos que estejam perto da área podem detectar esta informação e optar por desvios por forma a evitar os engarrafamentos nas zonas de acidentes. O tráfego é aliviado nestas zonas e a aplicação pode também informar a ocorrência a certas pessoas através de SMS.

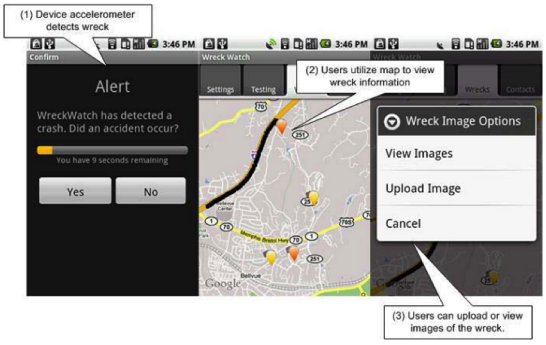
(1) Device accelerometer detects wreck
Alert
WreckWatch has detected a crash. Did an accident occur?
You have 9 seconds remaining
Yes
No
(2) Users utilize map to view wreck information
Wreck Image Options
View Images
Upload Image
Cancel
(3) Users can upload or view images of the wreck.

Figura 2.3: Exemplo da utilização da aplicação WreckWatch [3]

2.3 Suporte à detecção de contexto

Para a detecção do contexto num determinado ambiente inteligente, é importante a possibilidade de verificar a localização onde um utilizador se encontra de uma forma precisa.

Neste sentido, irá ser melhorada a forma como a mudança de contexto é feita actualmente no projecto iDASH, onde tem de ser o próprio utilizador a efectuar através da identificação numa localização diferente.

Para tal, foram estudadas as diversas formas que existem para realizar esse processo, que pode ser através de GPS, Wi-Fi, Bluetooth, entre outros métodos.

Este processo de localização dentro de edifícios tem sido objecto de investigação e estudos nos últimos tempos, isto porque a localização através de GPS funciona perfeitamente em espaços abertos, o que não se verifica numa habitação. Como tal, tem-se vindo a evoluir muito nesta área, seja através dos métodos referidos no parágrafo anterior, ou mais recentemente através dos ultra-sons. Cada um destes métodos de detecção apresenta vantagens e desvantagens, embora a detecção por ultra-sons tenha apresentado os melhores resultados, como se pode comprovar na tabela 2.1.

A detecção por som é o método de localização *indoor* que apresenta a melhor relação fiabilidade/precisão.

Método	Funcionamento *indoor*	Precisão	Custo da infra-estrutura	Fiabilidade
GPS	Não	Fraca (nula)	Nenhum	Boa
GSM	Sim	Média	Nenhum	Boa
Wi-Fi	Sim	Boa	Nenhum / médio	Boa
Bluetooth	Sim	Boa	Médio	Fraca
Som	Sim	Excelente	Médio / caro	boa
Computer Vision	Sim	Excelente	Nenhum / médio	fraca

Tabela 2.1: Comparação entre métodos de posicionamento através de *smartphones* [5]

Isto acontece em parte porque o Wi-Fi, que se apresenta como a segunda melhor opção, está muito vulnerável a interferências, seja por outros equipamentos que emitam ondas nas mesmas frequências, ou por obstáculos que se encontrem no caminho das ondas. E como o ouvido humano apenas consegue perceber sinais sonoros até perto dos 20000 Hz, no caso dos adultos[4], os ultra-sons podem ser criados entre os 20000 e os 22000 Hz. Este intervalo permite que eles sejam criados por um equipamento comum (por exemplo, um típico telefone com coluna de som) e possam ser captados por qualquer microfone, não sendo perceptíveis pelo ouvido humano.

Por fim, o contexto é definido através da determinação da localização, contudo quando esta não pode ser definida precisamente, significa que o utilizador se encontra no exterior e a detecção do contexto não funciona. Não fazia sentido utilizar outro método de localização, como o GPS, pois a partir

[4]http://en.wikipedia.org/wiki/Ultrasound

do momento em que ele está no exterior, ele interage remotamente independentemente do local onde está.

2.4 Aplicações de controlo da casa

Actualmente, existem vários projectos desenvolvidos para o controlo e/ou monitorização de uma casa inteligente através de um *smartphone*, sendo que alguns deles já são produtos comerciais. Tipicamente, estas soluções apenas permitem controlar dispositivos, tais como lâmpadas. Mas de seguida são apresentados detalhadamente aqueles que foram estudados.

O "Loxone"[5], o "ayControl"[6] e o "HAI"[7] são todos produtos comerciais que permitem controlar a casa através de um equipamento móvel. O "Loxone"e o "HAI"são ambos baseados em autómatos, enquanto que o "ayControl"utiliza a tecnologia KNX. Estas soluções permitem controlar desde lâmpadas, estores, até televisões.

O projecto "Hydra" [15] apresenta-se como um *middleware* orientado a serviços que permite interligar os mais variados dispositivos existentes para o mercado residencial. Além disso, permite controlar, através de um *smartphone*, os dispositivos existentes na residência. Este é um projecto europeu que continua em desenvolvimento e onde se pretende acrescentar novas funcionalidades como a gestão de contexto.

2.5 Discussão

Actualmente, é de salientar o grande investimento que se tem verificado na área das redes residenciais. Cada vez mais se procura melhorar o que já existe, aprimorando as funcionalidades existentes e introduzindo novas, tanto no ambiente residencial como empresarial. Já se consegue ter boas soluções que melhoram substancialmente a qualidade de vida, principalmente a pessoas desabilitadas ou a idosos.

Outro grande avanço que tem ajudado ao desenvolvimento dos ambientes residenciais inteligentes, tem sido a proliferação dos *smartphones*. Estes têm vindo a ter um desenvolvimento enorme, pois hoje podemos obtê-los a todos os preços e com muitas funcionalidades, tais como diversos sensores, entre eles o acelerómetro. A sua utilização para controlo ou monitorização de uma casa ainda está numa fase muito embrionária, mas cada vez se utilizam mais na investigação para casas inteligentes. Seguidamente, passa-se a efectuar uma análise de todos os projectos e aplicações acima descritos e o que neles falta motivando o desenvolvimento deste projecto.

De um modo geral, se analisarmos a tabela 2.2, onde estão especificadas as características dos projectos e aplicações em estudo, podemos à partida dizer que os projectos não satisfazem a finalidade

[5] http://www.loxone.com/Pages/en/
[6] http://aycontrol.com/
[7] http://www.smarthomesolutions.com/pdfs/LearnAboutHAI.pdf

que pretendemos, ou seja, um sistema em que o *smartphone* seja um nó participativo, que faça uso dos seus sensores e que interaja directamente com a casa, tendo nele uma instância do iDASH ou de outro *middleware*. Desta forma, pode-se afirmar que a solução "I'm Home"é aquele que mais se aproxima deste projecto, mas não faz uso dos sensores presentes no *smartphone*. A utilização destes sensores é importante pois pode ter vários fins, tal como demonstra o projecto "SensorFall". Ou seja, muitos destes trabalhos apresentam algumas partes que este projecto tem. No caso dos projectos em que são utilizadas câmaras para a interpretação de movimentos, o "Motion Tracking for Smart Home Care"e o "Kinect", estas soluções são importantes para outras finalidades que não o controlo da casa inteligente através de um telefone celular. Os trabalhos de detecção de actividades diárias também podem ser relevantes numa casa inteligente, mas neste projecto não foi abordada essa área.

Em relação às aplicações de controlo doméstico para os equipamentos móveis, as quais foram discutidas na secção "Trabalho Relacionado", todas elas permitem controlar e/ou monitorizar os dispositivos que se encontram ligados ao ambiente inteligente. Contudo, nenhuma fazia uso de funcionalidades como a gestão de perfil e a gestão de contexto, as quais se apresentam como uma mais valia na solução que se desenvolveu. O "Hydra"poderá vir a ter a funcionalidade de gestão de contexto, contudo esta ainda não foi implementada.

A principal semelhança entre estes produtos e esta tese, passa pela interface gráfica apelativa que permite a interacção com a casa inteligente, seja para amostrar algumas informações ou para realizar acções, tal como a interface que possui o iDASH, e passa também pela possibilidade de efectuar toda esta interacção remotamente.

Na tabela 2.2 estão sintetizados todos os projectos estudados, realçando as características relevantes para este projecto. Para efectuar uma comparação entre os diferentes projectos e aplicações, foram consideradas as seguintes características:

- O tipo de sensor;
- A finalidade do projecto;
- Uma observação adicional identificando se se trata de uma aplicação ou de um projecto;
- A localização do sensor;
- O tipo de sensorização.

Nome	Sensor	Fim	Observação	Localização do sensor	Tipo de sensorização
SensorFall	Acelerómetro	Detecção de quedas	Aplicação PDA	Pessoa	Directa
Fast Fall Detection	Giroscópio/ acelerómetro	Detecção de quedas	Projecto	Pessoa	Directa
Wreck Watch	Receptor GPS/ acelerómetro	Detecção de acidentes	Aplicação PDA	PDA	Directa
Predição de actividade diárias	Actigraph watch com acelerómetro	Predição de actividades diárias	Projecto	Pessoa	Directa
I'm Home	Visor	Controlo da casa (TV, ...)	Aplicação	PDA	Directa
Estimation of Indoor Physical Activity	Ambiente (som, ...)	Detecção de problemas de saúde	Projecto	Casa	Indirecta
Activity Rec. using Cell Phone Accelerometers	Acelerómetro	Detecção de actividades	Projecto	PDA	Directa
Motion Tracking for Smart Home Care	Câmaras	Interpretação de movimentos	Projecto	Casa	Directa
Kinect	Câmara	Interpretação de movimentos	Aplicação	Casa	Directa
Treinador virtual de yoga	Câmara/ ambiente	Detecção da actividade corporal	Aplicação	Casa	Directa/ indirecta

Tabela 2.2: Comparação entre projectos e aplicações

A tabela acima apresentada pretendeu sintetizar e demonstrar que se está a investir e desenvolver cada vez na área dos sensores para monitorizar diversas situações que ocorrem no nosso dia-a-dia. Pode-se também verificar que os sensores tipicamente utilizados para este processo existem, geralmente, nos *smartphones*, o que tem vindo a gerar um desenvolvimento cada vez maior na área de integração destes dispositivos com a monitorização do dia-a-dia.

Concluindo, fez todo o sentido o desenvolvimento deste projecto, permitindo a continuação da evolução na área das casas inteligentes, transportando o controlo e a monitorização para os dispositivos móveis.

3

Arquitectura

Neste capítulo irá ser descrita a arquitectura do sistema que foi implementada, bem como também irão ser analisados os requisitos que essa arquitectura teve de cumprir por forma a cumprir os objectivos delineados.

Com esta arquitectura pretendeu-se manter os módulos existentes da arquitectura iDASH já desenvolvida, de modo a garantir uma total transparência. Contudo, pretendeu-se também que fosse possível incluir as muitas vantagens dos *smartphones*, apresentadas anteriormente. Através da inclusão destes equipamentos é possível aumentar a comodidade dos utilizadores, podendo controlar o ambiente doméstico. Estas acções são todas efectuadas de uma forma segura, pois o utilizador terá de se identificar para ter acesso à aplicação.

Esta arquitectura teve cumprir os requisitos descritos no capítulo "Introdução"que, relembrando, passaram pela migração do iDASH ao smartphone, pelo desenvolvimento de um sistema de monitorização e controlo da casa inteligente através desse mesmo equipamento, pela possibilidade de utilização da aplicação remotamente e pela criação de novas aplicações integradas no iDASH.

Inicialmente são apresentados os requisitos que esta solução teve de cumprir, sendo que depois é apresentada de forma detalhada a arquitectura que foi desenvolvida.

3.1 Análise de requisitos

Nesta secção, passarão a ser descritos os requisitos considerados essenciais de modo a satisfazer os objectivos especificados na secção anterior.

3.1.1 Comunicação

O principal requisito desta solução passou pela criação da componente de comunicação, pois é através desta que o dispositivo consegue comunicar com a casa inteligente. Esta teve de permitir a criação de *sockets* para envio e recepção de informações sobre o estado da casa. De modo a manter a transparência existente nos restantes dispositivos, foi utilizado o mesmo esquema de mensagens. Desta forma, garante-se que todos os dispositivos conseguem comunicar uns com os outros.

3.1.2 Descoberta de serviços

Este requisito passa pela obtenção dos serviços existentes na casa inteligente, apresentando-os ao utilizador. A partir da interface existente no equipamento móvel, ele tem a possibilidade de activar e/ou desactivar qualquer serviço. Adicionalmente, é fornecida alguma informação ao utilizador, de modo a permitir-lhe perceber qual a função de um determinado serviço.

3.1.3 Gestão de contextos

Depois de estar estabelecida a base de funcionamento da solução, através dos requisitos anteriores, a componente de gestão de contextos é uma das funcionalidades mais importantes para a mesma. Graças à introdução deste processo no *smartphone*, é possível realizar a alteração do contexto sem qualquer interacção por parte do utilizador, pois é um processo totalmente automático e transparente para ele. Esta funcionalidade permite ao utilizador mover-se dentro de casa e o ambiente ser automaticamente "transportado"para onde ele vai. Esta componente é também responsável por todo a parte de criação e tratamento de eventos.

3.1.4 Interface

Uma interface de fácil utilização e esteticamente apresentável é muito importante para um utilizador. Se for relativamente simples efectuar as acções pretendidas, ele não se irá aborrecer e aumentará a sua satisfação com o sistema. E se ela é esteticamente agradável, a sua receptividade é ainda maior por parte

da pessoa em questão.

3.1.5 Gestão de perfis

A utilização de perfis para os utilizadores já se verificava na arquitectura iDASH. Como tal, esta componente foi mantida e foi criado um novo processo para um utilizador se identificar na casa inteligente. Isto permite que sejam criados determinados perfis para vários utilizadores e quando um deles se identifica, automaticamente são activados os serviços definidos para ele.

3.1.6 Poupança de energia

Nos equipamentos móveis multifuncionais é importante reduzir o consumo energético ao máximo possível, pois os mesmos são alimentados por baterias e têm mais serviços/aplicações a consumir recursos. Como tal, teve de se ter muita atenção à utilização de *sockets*, bem como à alocação de memória e de recursos de áudio, de modo a tentar minimizar as consequências energéticas.

3.1.7 Gestão de eventos

Quando for gerado um evento no equipamento móvel, este deverá ser enviado para todos os outros dispositivos iDASH da casa, de modo a todos saberem das alterações que estão a ocorrer num determinado momento. Os eventos que forem recebidos também deverão ser encaminhados para o módulo responsável pelo tratamento.

3.1.8 Utilização dos sensores

Os sensores existentes no *smartphone* permitem diversificar a forma de interacção do utilizador com a *smart home*, pois ele pode gerar novos eventos sem ter de interagir directamente com a aplicação. A utilização do acelerómetro permite visualizar e/ou ouvir os conteúdos multimédia que estão a ser transmitidos numa determinada localização.

O microfone permite que o utilizador se identifique perante a casa através da sua voz. Desta forma foi possível retirar a necessidade dele ter de transportar uma *tag* RFID ou de digitar um código para realizar este processo.

3.1.9 Interacção remota

A possibilidade do utilizador conseguir controlar a sua casa à distância, sem estar directamente ligado a ela, apresentou-se como uma funcionalidade muito útil. Isto porque, deste modo, ele tem a possibilidade de, por exemplo, activar um serviço na casa para indicar a presença de alguém dentro da mesma.

3.1.10 Novas aplicações

Finalmente, com este objectivo pretendeu-se criar novas aplicações directamente integradas no iDASH que permitissem aumentar o leque de funcionalidades deste sistema.

A criação da aplicação Mordomo Digital pretendeu responder a este objectivo através da criação de uma agenda partilhada por todos os utilizadores de uma determinada casa inteligente. Esta aplicação permite criar tarefas, as quais são publicadas para um servidor central e onde todos os outros dispositivos móveis se actualizam. A interface web existente também permite visualizar as mesmas directamente a partir de uma televisão, por exemplo. Também foi criada uma aplicação que permitisse visualizar os conteúdos multimédia directamente no *smartphone*.

3.2 Arquitectura do sistema

Nesta secção, vai ser apresentada a arquitectura do sistema que se pretende obter. Inicialmente, é apresentado na figura 3.1 a topologia que se pretendeu obter com este projecto. Nela é possível ver os diversos equipamentos que são controlados com o *middleware*, como é o caso do iPhone/iPod, do router da sala e de todos os computadores presentes.

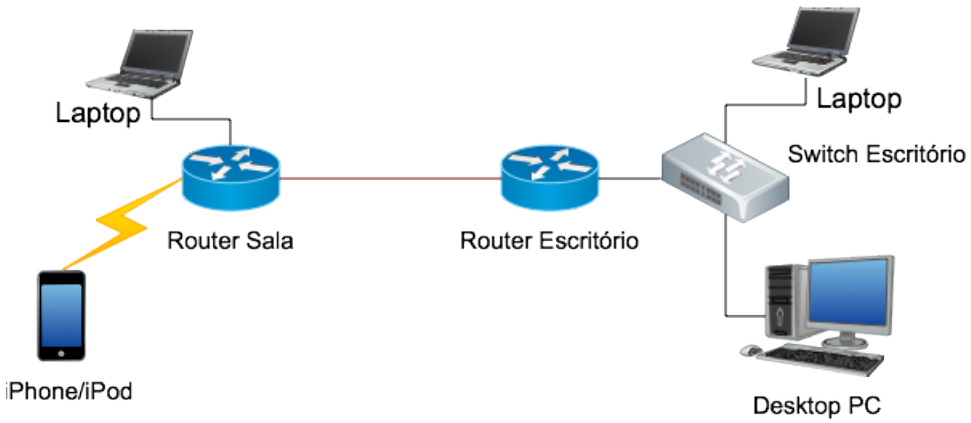

Figura 3.1: Topologia pretendida

A arquitectura iDASH pode ser dividida em três camadas:

- A camada física onde estão as interfaces que ligam os diversos equipamentos; no caso do *smartphone*, também estão presentes os sensores do próprio equipamento; no caso de um computador ou de um router, nessa mesma camada, estão presentes os dispositivos aos quais estão ligados, tal como o actuador de uma lâmpada;

- A camada acima diz respeito à camada do DASH, que faz a interligação entre a camada física e a camada aplicacional. Em todos os equipamentos esta camada apenas tem o DASH, apesar das diferenças existentes entre a arquitectura para o *smartphone* e a arquitectura para o computador;

- Finalmente, na camada superior, estão presentes todos os aplicativos que interagem com o iDASH, tal como a interface de utilização e controlo. As aplicações que foram desenvolvidas para o telefone celular com a finalidade de utilização no iDASH, estão inseridas nesta camada.

Posto isto, é importante demonstrar o modo como todos estes módulos comunicam através dos diferentes dispositivos. Na figura 3.2 é possível ver fluxo de informação quando o utilizador realiza uma acção, que neste caso não envolve a mudança de localização. Ao ser realizada a acção, é obtida a informação do perfil do utilizador. De seguida é obtida a localização onde ele se encontra e o módulo de gestão de

contexto cria a mensagem a ser enviada. Esta é enviada pelo módulo de gestão de eventos para todos os outros dispositivos iDASH. Ao ser recebida por um destes, o módulo de gestão de eventos envia-a para a componente de gestão de contexto onde ela é tratada e encaminhada para a camada de aplicação. Se se tratasse de uma mudança de localização, o módulo de gestão de contexto teria de alterar o estado do ambiente.

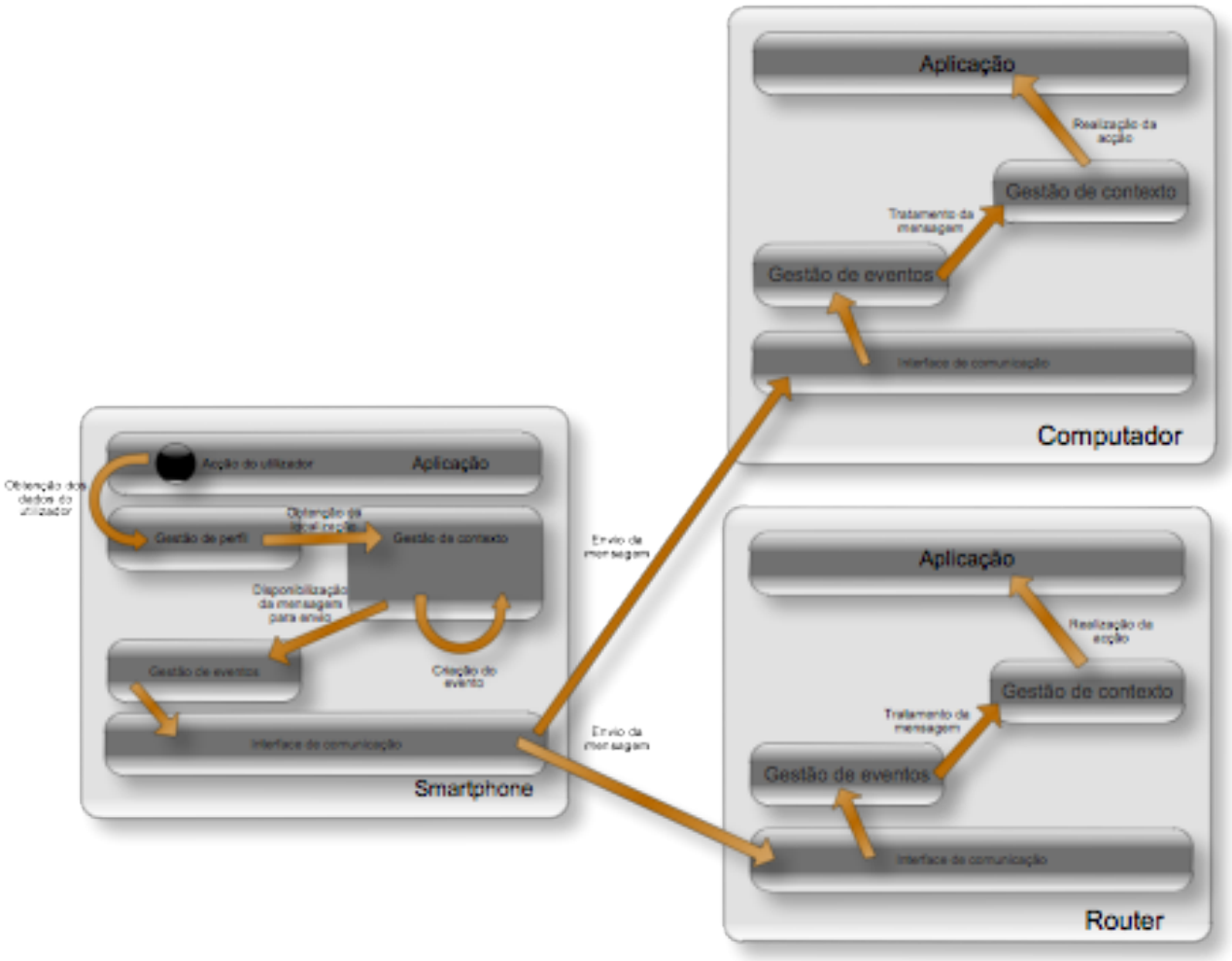

Figura 3.2: Fluxo de informação na realização de uma acção

3.3 Estrutura modular do iDASH

Para o desenvolvimento da arquitectura do *middleware* que se pretendeu ter a funcionar no dispositivo móvel, teve-se por base a arquitectura do iDASH já desenvolvida para outros equipamentos, sejam eles computadores ou routers. Desta forma, foi seguido o mesmo esquema, de modo a facilitar o processo de comunicação entre os diversos dispositivos. Na imagem 3.3 que se apresenta de seguida, pode-se ver essa arquitectura.

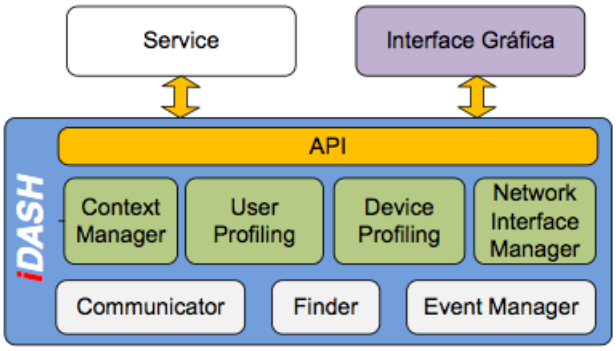

Figura 3.3: Arquitectura do iDASH [1]

Seguidamente irão ser explicados alguns módulos da arquitectura iDASH.

A Comunicador

Devido à proliferação de dispositivos para o *smart home*, foi necessário introduzir o módulo de comunicação no iDASH, por forma a que toda a solução fosse interoperável.

B Localizador

Este módulo é fundamental pois permite a descoberta de serviços e dispositivos sem a intervenção humana, ou seja, de uma forma totalmente transparente para o utilizador. A sua introdução foi importante, pois permite efectuar uma busca dos serviços existentes no ambiente doméstico, isto é, noutras instâncias do iDASH.

C Gestor de eventos

O módulo de gestão/tratamento de eventos também foi mantido, pois permite a detecção e o processamento de eventos lançados por outras instâncias de DASH, e também permite o próprio lançamento de eventos por parte do dispositivo móvel. Neste caso foi mantido o protocolo de transporte original, o UDP, pois desta forma evitou-se o congestionamento da rede, visto as mensagens serem enviadas para todos os dispositivos na rede, ou seja, em *broadcast*. Mas, ao contrário do

módulo para o DASH referente a computadores/routers, este não utilize o protocolo xPL. Isto é, são interpretadas as mensagens xPL, através de código próprio, e as mensagens que são geradas, têm a mesma estrutura do módulo original e também são enviadas para o porto específico do xPL, o porto 3865.

D Gestão de contexto

O componente de gestão de contexto foi indispensável para a resolução de questões semânticas e para a criação de um estado global do ambiente inteligente. Este módulo é também responsável pela criação e tratamento de eventos.

E Gestão de perfil

O módulo de gestão de perfis é importante pois permite a definição de vários aspectos do ambiente doméstico consoante a pessoa em questão. Ou seja, permite a adaptação do ambiente ao desejo da pessoa que está a usufruir do espaço em determinado momento. O *smartphone* do utilizador tem o perfil do mesmo associado, e conforme o utilizador entra no espaço em questão e quando o dispositivo móvel se conecta ao ambiente inteligente, ele próprio despoleta um evento por forma a adequar o ambiente ao perfil do utilizador. Este foi um dos componentes que já foi desenvolvido no iDASH, como tal foi interessante mantê-lo por forma a ver as potencialidades do sistema através do uso de um telefone celular multifuncional.

F Aplicações

Este componente refere-se às aplicações e interfaces de interacção com o sistema. No iDASH, foi desenvolvida uma interface que permite interagir com o sistema, permitindo configurar parâmetros, visualizar o estado dos dispositivos presentes no sistema e, acima de tudo, facilitar a utilização do sistema por parte do utilizador. Como tal, esta parte foi criada, para toda a gestão do sistema, e posteriormente, permitirá o desenvolvimento de aplicações que façam uso de várias características do dispositivo móvel para a interacção com o *smart home*.

3.4 Migração do iDASH para o *smartphone*

Os telefones celulares multifuncionais são dispositivos com capacidades limitadas, seja ao nível do processamento, da memória ou do espaço de armazenamento, mas principalmente a autonomia. Outro factor que limita ainda mais estas capacidades, é o facto de ter outros serviços que muitas vezes estão

em contínuo funcionamento, tal como as interfaces de comunicação, podendo reduzir a carga da bateria drasticamente.

Para efectuar a migração para o novo equipamento móvel, foi utilizada a mesma estrutura modular do iDASH, facilitando o próprio funcionamento do *middleware*. Por isso, foram mantidos os módulos descritos na secção "Estrutura modular do iDASH". Na imagem 3.4, pode ser visualizada a arquitectura desenhada.

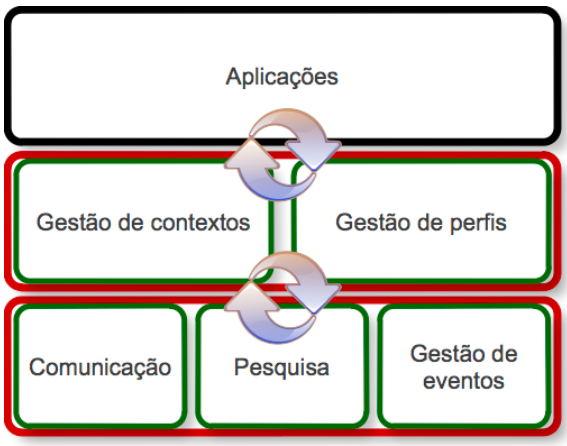

Figura 3.4: Arquitectura do iDASH para o *smartphone*

Desta arquitectura, é importante salientar que os módulos criados no iDASH foram transportados para esta nova arquitectura, à excepção da componente que geria as ligações, pois no equipamento móvel não se verifica essa necessidade, visto que ele apenas utilizará a ligação Wi-Fi. Caso seja utilizado um iPhone, o qual já possui suporte para ligações de dados 3G, esta apenas será utilizada numa ligação remota e caso não exista ligação Wi-Fi.

3.5 Camada de aplicações

Nesta camada, além de estar presente tanto a interface para o *smartphone* como a interface web já criada, foram inseridas duas novas aplicações.

A primeira permite a visualização e/ou audição de conteúdos multimédia, sejam eles vídeo ou áudio. Esta funcionalidade proporciona ao utilizador a possibilidade de deslocar-se dentro da casa inteligente e poder continuar a visualização/audição dos conteúdos através do próprio equipamento móvel.

A outra aplicação permite a partilha de tarefas entre os residentes da casa. Estas podem ser criadas através de um calendário, o qual sincroniza com os outros dispositivos iDASH da casa. De modo a não limitar a visualização destas tarefas apenas a pessoas com o equipamento móvel, é possível visualizá-las

através da interface web, numa televisão por exemplo.

4

Implementação

Esta secção está dividida em duas partes, onde na primeira são apresentados os objectivos e algumas condicionantes a ter em conta no desenvolvimento desta solução. Na segunda parte é explicado todo o desenvolvimento feito de modo a criar uma solução estável e funcional. São também explicadas as várias hipóteses consideradas no desenvolvimento de cada funcionalidade.

4.1 Ambiente de Desenvolvimento

Todo o desenvolvimento deste projecto foi feito no ambiente de desenvolvimento iOS SDK, o qual apenas pode ser instalado num computador Mac. A linguagem utilizada foi o Objective-C e o Objective-C++, que são parecidas ao C e ao C++ mas mais optimizado para utilização com interfaces e utilizada apenas no desenvolvimento de aplicações para iOS.

Para testar a aplicação no ambiente de teste do iDASH, o qual pode ser visualizado na figura 4.1, foi necessária a utilização de um iPOD 2G, com as características descritas no Anexo A1.

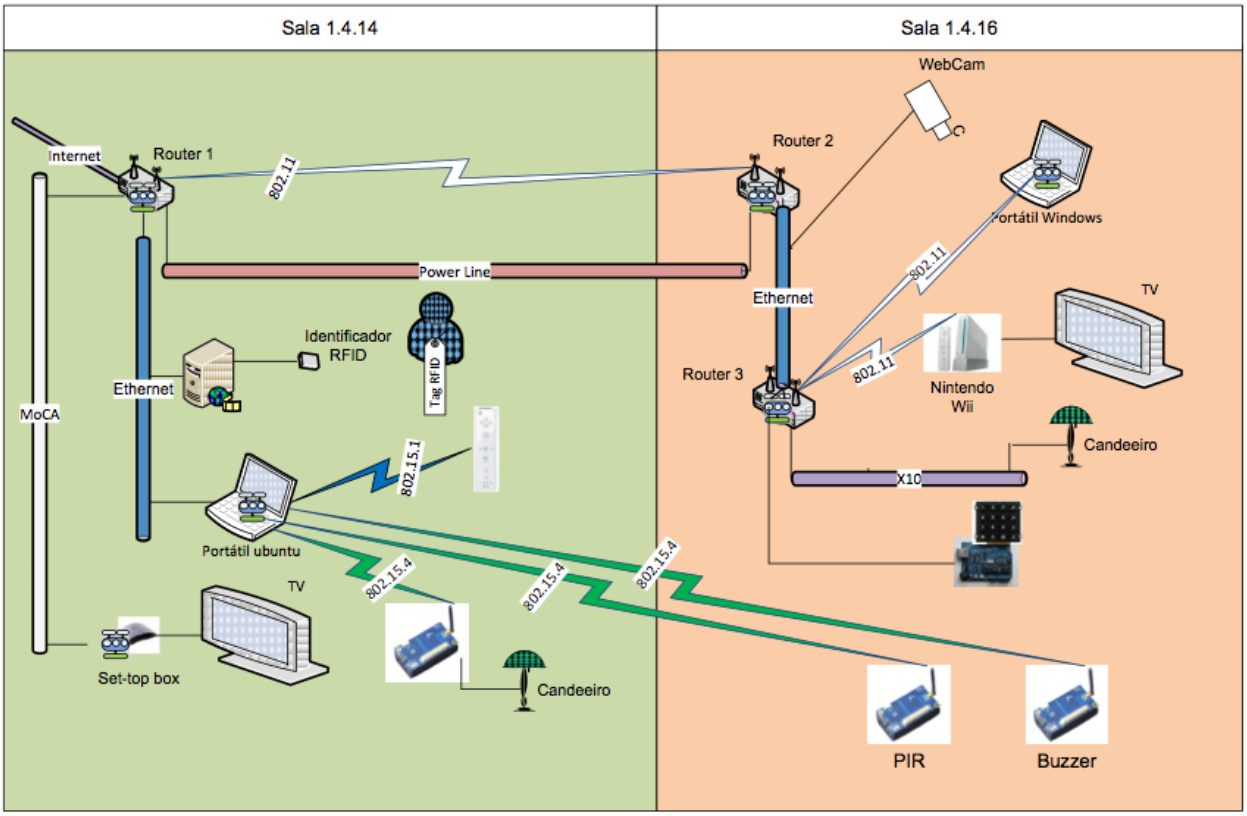

Figura 4.1: Cenário de teste utilizado no iDASH [1]

Neste cenário de teste estão presentes os equipamentos que utilizam o *middleware* iDASH, bem como os tipos de ligações utilizadas. De seguida estão listados todos os equipamentos bem como as ligações utilizadas:

- Computador com Windows XP por *PowerLine*;
- Dois computadores com Linux;
- Router com Debian;
- Router com OpenWRT;
- Duas Televisões, onde numa está ligada uma Wii;
- Dois candeeiros, um ligado por 802.15.4, e outro por X10;
- Leitor RFID ligado a computador com Linux;
- Comando Wii ligado por Bluetooth;

- Set-top box;

- Arduino ligado ao router com OpenWRT.

4.2 Objectivos e Considerações

Devido à utilização dos dispositivos móveis, neste caso um *smartphone*, existiram alguns objectivos a cumprir e algumas considerações a ter em conta. Essencialmente, o principal objectivo passou pela rentabilização da bateria, de modo a minimizar os gastos excessivos que a solução poderia trazer. Contudo existiram outros aspectos importantes para que fosse criada uma solução eficiente e eficaz para a finalidade pretendida.

- Eficiência - Uma das funcionalidades existentes na solução final é a localização dentro da casa através da detecção por ultra-sons. Este tipo de detecção é uma funcionalidade emergente ao nível da localização *indoor* e aparece como uma forte hipótese, visto o GPS não ser uma solução viável para detectar correctamente a localização de um utilizador num espaço fechado. Contudo, este processo é complexo, pois depois de se detectar o som, é necessário aplicar a FFT e pegar em cada frequência capturada de modo a analisá-la para identificar o símbolo enviado. Devido à complexidade e à necessidade de processamento constante, isto leva à uma elevada drenagem da bateria. Posto isto, é importante a existência de processos que permitam minimizar a necessidade de processamento e consequentemente diminuir o consumo energético.

- Fiabilidade - A fiabilidade da solução é importante tanto na integração do iDASH, como nas aplicações criadas e nas novas funcionalidades. Na aplicação de mordomo digital, é importante que o servidor não tenha dados erróneos e repetidos, de modo a fornecer as tarefas correctamente actualizadas a todos os utilizadores. Finalmente, na localização interna, deve ser estabelecido um algoritmo robusto de modo a prevenir falhas de detecção e de forma a que não sejam difundidas mensagens não necessárias para a rede. Ao se referir mensagens não necessárias, significa que não se devem enviar dados repetidos indicando o mesmo local, isto se não se verificar mudança, visto o dispositivo móvel estar continuamente a detectar a localização. Assim pode-se evitar alguma sobrecarga da rede e diminuir a necessidade de processamento de todos os equipamentos integrados no iDASH.

- Usabilidade - A aplicação que permite interagir com a casa deve ser de fácil utilização, de modo a que um utilizador sem qualquer conhecimento, esteja à vontade para efectuar todo o tipo de

operação. Esta também deve ser de *design* moderno, isto para não se tornar aborrecida. A interface web também deverá ser apelativa e deverá estar totalmente adaptada a uma televisão, isto é, terá de ser de fácil utilização através de um comando *Wii*, por exemplo. Em termos de detecção de ultra-sons, este processo deverá ser totalmente autónomo e não incomodativo à típica utilização do equipamento móvel multifuncional.

- Interoperabilidade - Todo o código desenvolvido, seja em java, para as novas aplicações criadas, seja em *Objective-C*, para todo o desenvolvimento relacionado com o dispositivo móvel, deverá ser feito de forma a ser interoperável com toda a solução já existente. Esta situação permite demonstrar que este projecto pode ser utilizado em qualquer equipamento, independentemente da linguagem em que o desenvolvimento é feito.

4.3 Funcionalidades e aplicações

Neste ponto serão apresentadas todas as funcionalidades e aplicações criadas para este projecto, bem como será demonstrada como é estabelecida a interacção entre todos os dispositivos e entre a casa e o *smartphone*.

4.3.1 Interface

Para o desenho da interface, teve-se especial atenção aos aspectos estéticos e funcionais. Isto é, tentou-se criar uma interface que fosse agradável para o utilizador, que fosse de fácil interacção e onde não seriam necessários demasiados processos para realizar uma determinada acção. Esta foi dividida em quatro janelas, as quais passam a ser descritas abaixo.

Janela principal

Depois do utilizador se identificar, esta é a primeira janela que lhe aparece. Nela ele pode visualizar se se encontra ligado à casa inteligente, em que local da mesma está e qual foi o último evento a ser recebido pelo dispositivo móvel. Quando o utilizador não se encontra ligado, é apresentada uma mensagem a informá-lo de tal situação.

Janela de serviços

Nesta janela são apresentados todos os serviços existentes na *smart home*. É também possível verificar quais os serviços que se encontram activos/desactivos e é lhe dada a possibilidade de realizar o processo

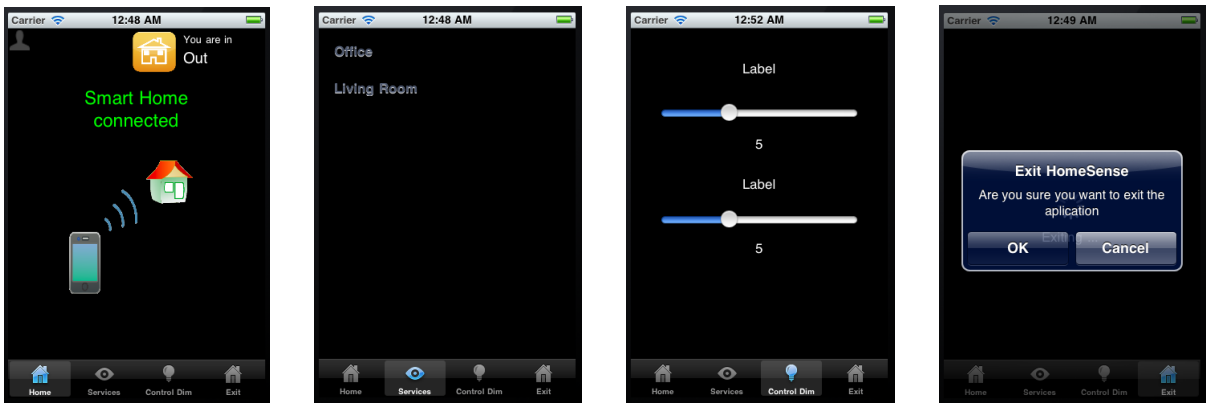

Figura 4.2: Janela Principal, Janela de Serviços, Janela de Controlo, Janela de Saída (da esquerda para a direita, respectivamente)

inverso, ou seja, activar um serviço que se encontre desactivado e desactivar um serviço que se encontre activado. De modo a tornar mais fácil a compreensão dos serviços, estes encontram-se divididos pelos locais da casa onde está a funcionar este *middleware* e ao clicar num serviço é fornecida informação do mesmo. Adicionalmente, se o utilizador efectuar um movimento vertical brusco, o serviço de multimédia é transferido da localização onde ele se encontra para o seu equipamento móvel. Para reverter o processo, basta-lhe realizar novamente o mesmo movimento.

Janela de controlo

Esta janela apresenta os controlos das lâmpadas que se encontram activas na casa. Se o utilizador mudar o valor de uma delas, essa nova informação é enviada para o sistema e a intensidade da lâmpada em questão ajusta-se automaticamente.

Janela de saída

Nesta janela apenas é feita uma verificação para o utilizador confirmar o seu desejo de sair da casa. Deste modo, são desligados todos os serviços.

De seguida são apresentadas as janelas da aplicação criadas para o equipamento móvel multifuncional.

4.3.2 Detecção de perfil

Na solução inicial do iDASH, o perfil de um utilizador era detectado através de uma *tag* RFID ou de um código introduzido no *Arduino*. Mas com a introdução de um novo equipamento no cenário, neste caso o equipamento móvel possuído pelo utilizador, deixa de fazer sentido a detecção através desses métodos, pois o *smartphone* pode ser utilizador para o efeito. E o dispositivo de RFID seria algo mais que a

pessoa teria de transportar com ela. Posto isto, optou-se pela utilização da própria voz da pessoa para a identificar na casa inteligente. O projecto *OpenEars*[1] foi desenvolvido para ser utilizado em dispositivos da Apple e permite converter a voz captada em texto. Para a ferramenta conseguir efectuar a conversão, foi necessária a criação de um dicionário de palavras, no qual é feita uma pesquisa por cada palavra recebida. Este dicionário foi criado através de um site[2] onde foi colocado um ficheiro com as palavras que se pretendeu incluir no mesmo.

Desta forma, adaptou-se este projecto a toda a solução desenvolvida de modo a quando o utilizador inicia a aplicação de controlo e monitorização da casa, seja lhe pedido para se identificar. Este tem de indicar a identificação que lhe foi atribuída, sendo que de seguida, a voz captada é convertida em texto e aí é analisada para verificar se corresponde à correcta identificação do sujeito. Se esta estiver correcta, então é activada é detecção de local de modo a determinar a localização em que se encontra. Na imagem 4.3 é possível ver um exemplo do funcionamento desta componente.

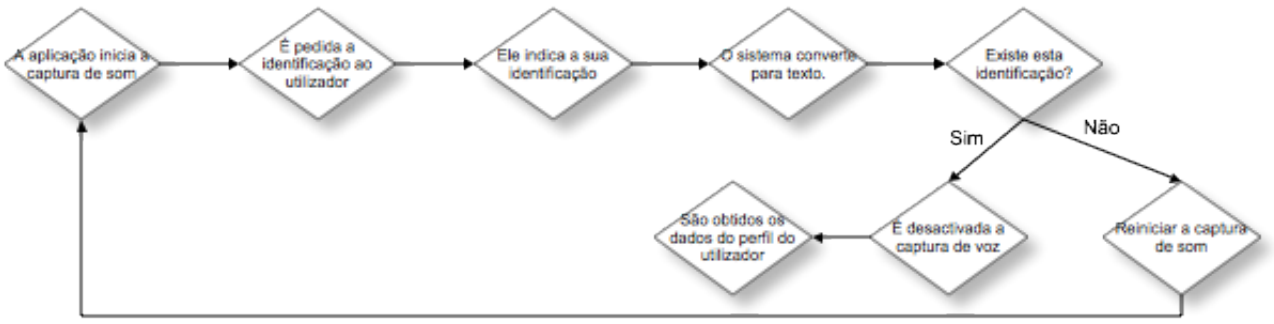
A aplicação inicia a captura de som
É pedida a identificação ao utilizador
Ele indica a sua identificação
O sistema converte para texto.
Existe esta identificação?
Sim
Não
São obtidos os dados do perfil do utilizador
É desactivada a captura de voz
Reiniciar a captura de som

Figura 4.3: Esquema de funcionamento da detecção do perfil do utilizador

[1]http://www.politepix.com/openears
[2]http://www.speech.cs.cmu.edu/tools/lmtool.html

Outra solução possível seria fazer uso do acelerómetro existente no equipamento móvel de modo a que o utilizador tivesse de efectuar um movimento predefinido para se identificar perante a casa. Contudo, pensou-se que este método poderia tornar-se algo aborrecido e complexo, pois o movimento poderia ser complicado de forma a não interferir com outras utilizações do mesmo sensor, como para a visualização de conteúdos multimédia no equipamento. Logo, pensou-se numa solução tecnologicamente evoluída e que fosse de fácil interacção com o utilizador comum.

4.3.3 Detecção de contexto

Inicialmente, a mudança de localização era detectada através da introdução de um código no *Arduino*, ou através de uma *tag* RFID. Isto é, se um utilizador estivesse numa sala onde se tinha identificado, e se deslocasse para outra sala, ele necessitaria de identificar-se novamente e só depois disso é que o sistema transitava todos os serviços que estavam activos na localização antiga para a nova. Aparentemente, esta era uma solução fiável e eficaz. Contudo, apresenta a desvantagem, aliás como quase todos os mecanismos de identificação existentes actualmente, de ser necessário o utilizador interagir directamente com o espaço de modo a efectuar alterações no ambiente. Como tal, e graças à utilização de um equipamento móvel multifuncional, pensou-se em inovar esta situação através da criação de uma forma de localização *indoor* sem necessidade de interacção por parte da pessoa. Foi estudada a identificação do local através de bluetooth e Wi-Fi, o que seria uma mais valia pois não seria necessário a adição de qualquer equipamento ao utilizador, pois actualmente, praticamente todos os *smartphones* já possuem ambas as tecnologias. Foi elaborada uma pequena investigação sobre estes métodos e verificou-se que todos os testes já realizados apontavam para uma precisão muito baixa, como foi discutido no capítulo do estado da arte.

Como foi referido na secção "Estado da Arte", a detecção através de ultra-sons apresenta-se como sendo o mais fiável e, neste caso, com menor custo. Posto isto, decidiu-se prosseguir com esta forma de localização interior.

Inicialmente, foi criada uma aplicação onde estariam implementadas as funções para a emissão dos ultra-sons a partir de uma máquina numa sala e outra máquina na outra. Foi necessário definir as frequências a usar, tendo em conta que deveriam ser o menos audível possível e que o equipamento móvel as conseguisse detectar. Tipicamente, o ouvido humano consegue detectar sons até os 18 000 Hz, logo, pensou-se em começar em frequências na ordem dos 20 000 Hz. Foram definidas oito frequências e cada uma identifica um símbolo ou um valor. Foram estabelecidas as seguintes frequências:

Frequência de som	Símbolo enviado	Frequência de som	Símbolo enviado
19800	0	20600	4
20000	1	20800	5
20200	2	21000	6
20400	3	21200	7

Tabela 4.1: Correspondência entre frequências de som utilizadas e símbolos enviados

Para uma das salas foi criado o identificador "0246"e para a outra o identificador "1357". Ou seja, cada sala estará a emitir continuamente os símbolos dos respectivos identificadores através de sons nas respectivas frequências. Neste ponto, cada sala é capaz de emitir a sua identificação. Na figura 4.4, é apresentado um mapa onde se pode ver a cobertura dos sinais emitidos. Esta deve ser de tal modo eficiente que possa permitir que a detecção seja feita mal se entre na sala.

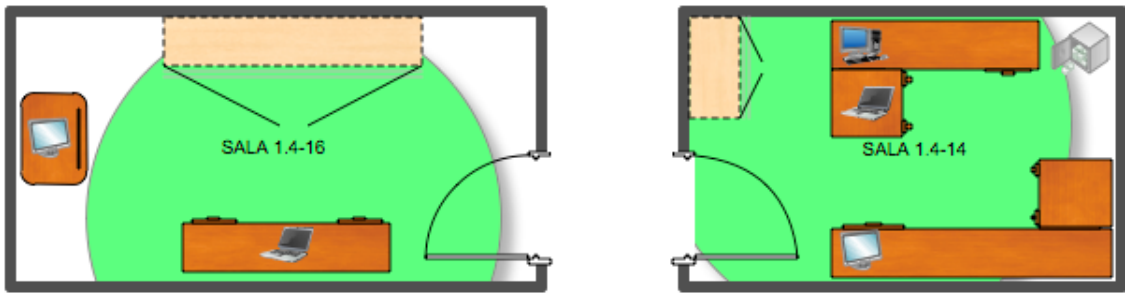

Figura 4.4: Cobertura obtida pelos ultra-sons nas localizações de teste

Em relação à identificação por parte do *smartphone*, foi utilizada a aplicação *aurioTouch*[3], desenvolvida pela Apple, onde o dispositivo está continuamente à escuta, a qual foi alterada de modo a se conseguir analisar as frequências e para a integrar na aplicação de controlo da casa inteligente. Ao registar sons, a aplicação aplica a cada sinal sonoro uma FFT[4] e os valores retirados desse processo são analisados. Se se detectar num desses valores, que correspondem às frequências detectadas, uma das frequências utilizadas para a identificação das salas, então esse valor é guardado num vector. Posteriormente, quando o vector possuir quatro valores, é analisado de modo a verificar se corresponde a alguma das salas. Neste processo foi necessário definir um algoritmo, em que apenas é necessário detectar correctamente três símbolos do

[3]http://developer.apple.com/library/ios/#samplecode/aurioTouch/Introduction/Intro.html
[4]http://en.wikipedia.org/wiki/Fast_Fourier_transform

identificador. No diagrama 4.5 está apresentado o diagrama de estados.

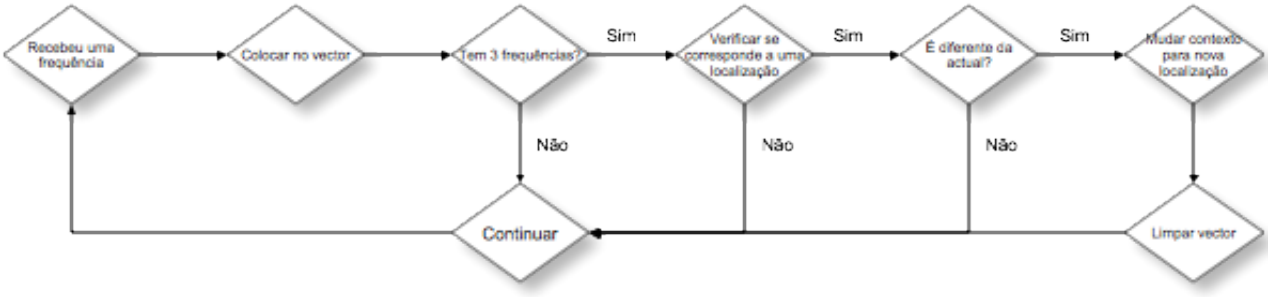

Figura 4.5: Diagrama de estados da detecção de contexto

Este método foi essencialmente criado para fazer face uma possível falha na detecção de algum símbolo, devido a ruído de outros sons. Se se verificar que a sequência de frequências detectada é um identificador válido, é então verificado se houve mudança de local, pois o dispositivo guarda em memória a sala onde está. Se houve mudança, então são enviadas as respectivas mensagens iDASH para desactivar os serviços na localização anterior e activar tudo na nova, ficando registado no ambiente inteligente a nova localização da pessoa. A verificação da mudança de localização, permite não enviar mensagens inúteis pela rede para os restantes equipamentos iDASH.

Contudo, a contínua captura e tratamento de áudio é um processo dispendioso em termos energéticos e este é um problema acentuado nos dispositivos móveis. Como tal, teve de ser criado um método que permitisse estabelecer um equilíbrio entre a detecção da localização e o consumo energético do *smartphone*. Para tal, pensou-se na utilização do acelerómetro para detectar o movimento do utilizador, o que significaria uma possível mudança na sua localização.

Inicialmente, a detecção é activada para permitir registar a actual localização do utilizador. Se se verificar que não existe movimento por parte da pessoa durante três minutos, a detecção de ultra-sons é desactivada. Esta só voltará a ser iniciada quando se verificar alguma movimentação do utilizador.

Apesar do próprio acelerómetro gastar alguma bateria, esta situação não é relevante pois não é possível desactivá-lo, logo está continuamente a trabalhar independentemente da aplicação e do uso. Desta forma, é possível reduzir grande parte do consumo de bateria gerado pela funcionalidade descrita nesta secção.

4.3.4 Visualização multimédia

A visualização de conteúdos multimédia num dispositivo móvel da Apple é um processo algo diferente do que se realiza nos outros equipamentos. Ouvir uma música em *streaming* não requer nenhuma alteração, pois basta indicar o endereço onde o equipamento deve ler o ficheiro. Contudo para o vídeo, se

se desejar fazer a visualização a partir de um servidor que o esteja a publicar, é impossível ver o mesmo directamente no *smartphone*. Para conseguir realizar este processo, é necessário dividir o vídeo original, presente no servidor, em vários segmentos de vídeo com a extensão ".ts"e também deve ser criada uma *playlist* que permite aos dispositivos Apple ler todos os segmentos. Este processo é conseguido graças à utilização da aplicação *segmenter*[5], que divide o vídeo original e cria a lista de visualização. Posteriormente, o vídeo tem de ser embebido numa página *html*, a qual é carregada para visualização. O processo de criação está apresentado na figura 4.6.

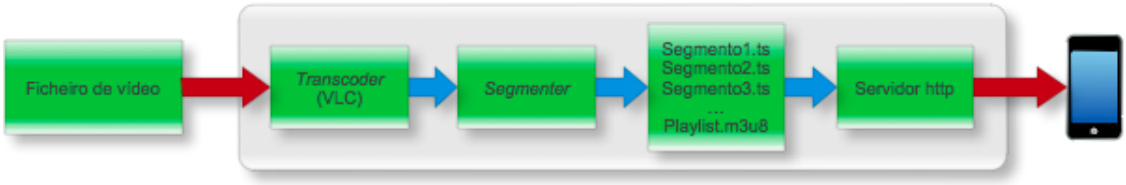

Figura 4.6: Arquitectura de um servidor de *live streaming* para um dispositivo Apple

O desenvolvimento anterior permite visualizar vídeos num equipamento móvel da Apple. Contudo, é necessário criar um mecanismo de modo a que o vídeo que se visualize no dispositivo móvel esteja correctamente sincronizado com aquele que está a ser visto na sala. Isto acontece pois a *playlist* criada e os respectivos segmentos não é suportada em *players* para Windows. Logo é necessário existirem dois métodos de visualização: para dispositivos estáticos nas salas, é utilizado o típico *streaming* de rede, através do VLC, por exemplo, e nos dispositivos da Apple, são utilizados os segmentos criados. Ou seja, de modo a se verificar uma sincronização perfeita entre o que se vê numa sala e o que se vê no *smartphone*, foi criada uma aplicação em Java que de dois em dois segundos vai actualizando a lista de segmentos, de forma a estar de acordo com o que está a ser visualizado na televisão. Quando o vídeo acaba e é reiniciado, é reposta a lista inicial e o processo continua como anteriormente. Posto isto, quando o utilizador visualizar o vídeo no seu dispositivo móvel, ele está sincronizado com o que está a ser emitido na sala. Num futuro próximo será possível utilizar o VLC para apresentar directamente uma emissão de vídeo, como se explicou para os dispositivos Apple, pois irá ser criado um novo módulo que permite realizar esse processo. Já existe uma versão de desenvolvimento com essa componente, mas após vários testes realizados, verificou-se que o vídeo não era emitido correctamente, logo essa ideia ficou sem efeito. Para activar a visualização no equipamento móvel, foi pensada a utilização de um método que não fosse obstrutivo e aborrecido para o utilizador e que fizesse uso das funcionalidades do mesmo equipamento. Como tal, e graças ao acelerómetro presente nestes equipamentos, para a pessoa passar a visualizar o vídeo no seu equipamento, basta-lhe fazer um movimento vertical brusco, o que cria um elevado *delta* entre as posições obtidas pelo acelerómetro, sendo que o *delta* corresponde à diferença

[5]http://svn.assembla.com/svn/legend/segmenter/

entre a nova posição e a posição anterior. Finalmente, para voltar a "enviar"a imagem novamente para a televisão, basta ao utilizador efectuar o mesmo movimento. É importante salientar que enquanto estão a ser visualizados e/ou ouvidos conteúdos multimédia no *smartphone*, a detecção de localização não se encontra em funcionamento, pois os equipamentos da Apple não nos permitem várias formas de utilização da *framework* de áudio. Na figura 4.7 está esquematizado o processo de obtenção e paragem da visualização de conteúdos multimédia.

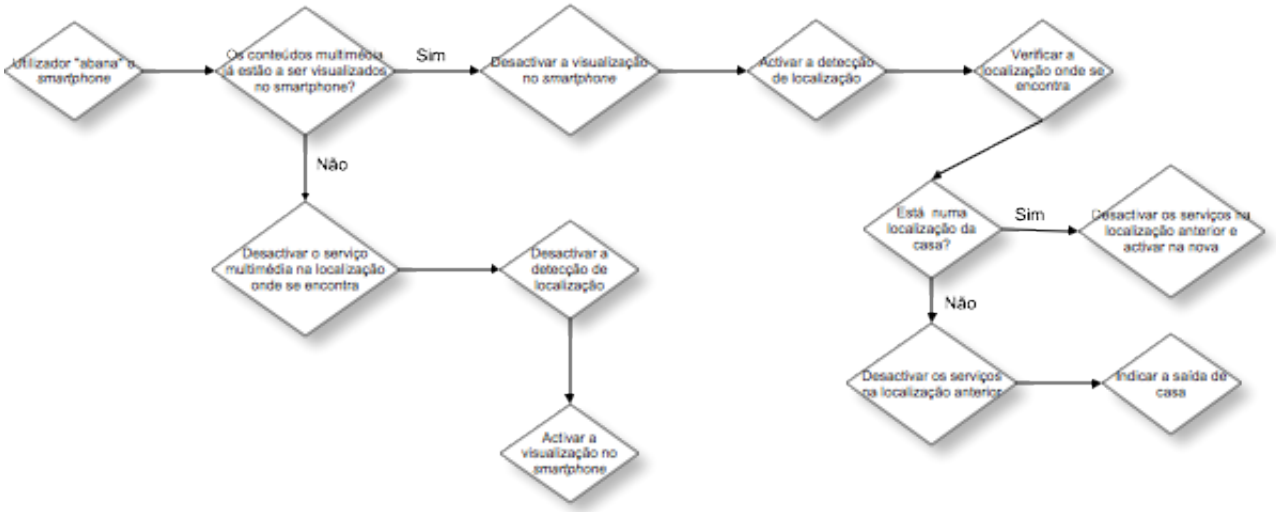
Utilizador "abana" o smartphone
Os conteúdos multimédia já estão a ser visualizados no smartphone?
Sim
Não
Desactivar a visualização no smartphone
Activar a detecção de localização
Verificar a localização onde se encontra
Está numa localização da casa?
Sim
Não
Desactivar os serviços na localização anterior e activar na nova
Desactivar os serviços na localização anterior
Indicar a saída de casa
Desactivar o serviço multimédia na localização onde se encontra
Desactivar a detecção de localização
Activar a visualização no smartphone

Figura 4.7: Diagrama de estados do processo de visualização de conteúdos multimédia

Em termos de áudio, o processo de passagem do conteúdo para o *smartphone* e novamente para os equipamentos sonoros da divisão, é exactamente o mesmo, isto é, basta fazer um movimento brusco que cria uma elevada diferença entre as posições inicial e final.

Finalmente, é importante salientar que, de modo a continuar a ser possível visualizar, nos outros equipamentos, o vídeo em *streaming* normal como era feito através do VLC, foi criado um pequeno serviço que arranca a emissão de VLC e arranca também um outro serviço que irá actualizar a lista de reprodução de modo a manter a sincronização entre os dispositivos. Neste último serviço, de 2 em 2 segundos é actualizada a lista de reprodução de modo a manter a sincronização entre a emissão emitida

e esta lista. Se a lista estiver vazia, o que acontece no final do vídeo, é copiada de outra localização a lista original de modo a poder continuar a transmissão. Este processo está exemplificado no diagrama da figura 4.8.

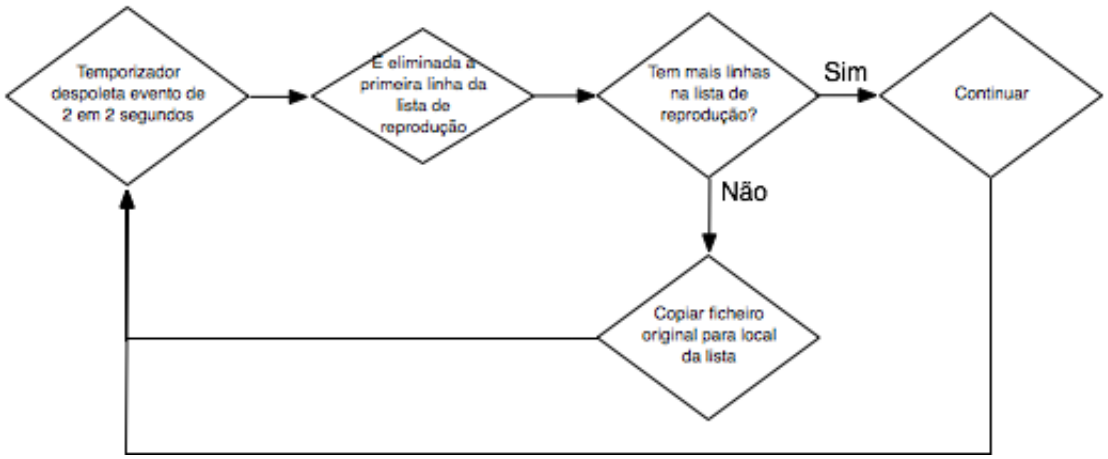
Temporizador despoleta evento de 2 em 2 segundos
É eliminada a primeira linha da lista de reprodução
Tem mais linhas na lista de reprodução?
Sim
Continuar
Não
Copiar ficheiro original para local da lista

Figura 4.8: Diagrama de funcionamento do serviço de actualização da lista de reprodução

4.3.5 Interacção com iDASH

Esta funcionalidade inclui estender o iDASH, a solução que foi desenvolvida para controlo e monitorização da casa inteligente, às plataformas móveis, mais concretamente aos dispositivos móveis Apple. É necessário fazer esta distinção pois a linguagem de programação destes dispositivos é unicamente utilizada neles. Logo, como é desenvolvido para estes equipamentos não pode ser utilizado em ambientes como o Android ou o Windows Phone 7. Tomando por base este ponto, pode-se logo verificar que este projecto é interoperável ao nível das linguagens de programação. Isto porque, a solução desenvolvida anteriormente é baseada em *Python* e a que foi desenvolvida para o *smartphone* é baseada em *Objective-c*. Tendo por base a arquitectura do iDASH, são desenvolvidos os seguintes módulos:

- Comunicação - Este módulo é responsável pela interoperabilidade entre os diferentes dispositivos existentes na casa inteligente.

- Descoberta de serviços - Este módulo gere os serviços existentes, criando uma lista dos existentes nos equipamentos presentes na casa inteligente e controlados pela solução.

- Gestão de eventos - Este módulo é responsável pela criação/eliminação dos *sockets* e pelo envio/-recepção das mensagens iDASH. Para este processo foi utilizada a biblioteca *asyncsocket*[6].

- Gestão de contexto - Neste módulo são geridos todos os eventos despoletados, bem como é a partir

[6]http://code.google.com/p/cocoaasyncsocket/

dele que são gerados os eventos pelo *smartphone*. Quando é recebido um evento, ele é tratado e são realizados os processos pretendidos. Quando o dispositivo móvel cria uma nova acção, é criado o evento e enviado em *Broadcast* para toda a rede interna. Desta forma, aliás este é o princípio de funcionamento do iDASH, todos os equipamentos registados na solução têm conhecimento dos acontecimentos que se vão realizando. Adicionalmente, esta componente também gere o estado do ambiente, ou seja, quando um utilizador muda de localização, é este módulo que trata de desligar os serviços na localização anterior e voltar a activá-los na nova localização, bem como trata de criar/tratados os eventos. Como já foi dito mais acima, o processo de localização é realizado através de ultra-sons e quando é detectada uma nova localização, são então enviadas as devidas mensagens para fazer a transição.

- Detecção/Gestão de perfil - Este componente permite identificar os utilizadores na casa inteligente. No caso do *smartphone*, o utilizador identifica-se através da sua voz, que é detectada e convertida para texto.

- Aplicações - Neste módulo estão incluídas a interface e a aplicação de mordomo digital. É através deste componente que o utilizador pode interagir com o ambiente inteligente.

No desenvolvimento desta componente, optou-se por manter a coerência entre o trabalho que já tinha feito no iDASH, de modo a conseguir manter a interoperabilidade e a transparência entre os dispositivos. Na figura 4.9 está representado o fluxo de informação que é gerado quando o equipamento móvel recebe uma mensagem no porto 3865, sendo esta recepção responsável pelo módulo de comunicação. Inicialmente ele verifica se a mensagem tem a estrutura de uma mensagem iDASH, se tal acontece, esta é encaminhada para o módulo de tratamento de eventos, caso contrário é descartada. O passo seguinte passa pela verificação do tipo de mensagem. Se esta estiver relacionada com serviços, ou seja, se for uma lista dos serviços dos outros dispositivos iDASH ou se for uma mensagem de activação/desactivação de um serviço, ela é encaminhada para o módulo de descoberta de serviços, onde é actualizada a lista dos mesmos de modo a ser apresentada. Caso a mensagem seja do tipo de alteração do ambiente, como a intensidade da iluminação, ou de indicação de entrada/saída de um utilizador, esta é tratada directamente no módulo de gestão de eventos. Nestes tipos de mensagens, os valores obtidos são registados directamente na aplicação, de modo a manter o estado da casa inteligente enquanto ela estiver a funcionar.

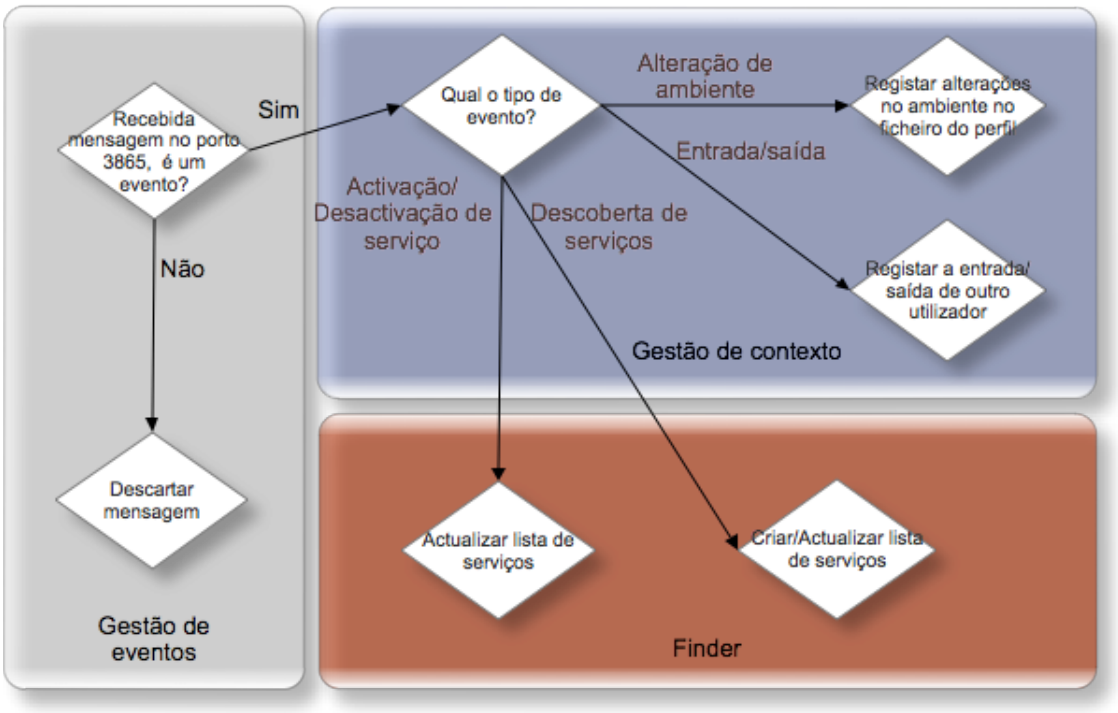

Figura 4.9: Fluxo de informação entre os diferentes módulos no caso da recepção de uma mensagem

Na figura 4.10 está representado o fluxo de informação quando é criada uma mensagem para o iDASH. Este diagrama está dividido consoante as janelas que existem na aplicação. Quando o utilizador clica na janela de serviços, é enviada uma mensagem para todos os equipamentos da casa inteligente a pedir os seus serviços. Se o utilizador seleccionar um serviço, é lhe apresentada uma mensagem de informação sobre esse mesmo. Outra das funcionalidades permitidas por esta janela, é a possibilidade de activar/desactivar um serviço. Ao clicar na opção que estiver disponível, é criada uma mensagem, pelo módulo de gestão de contexto, que irá realizar a acção pretendida. Na janela de controlo de iluminação, o utilizador pode alterar o valor da intensidade da localização onde se encontra. De modo a não estar continuamente a enviar novos valores, foi utilizado um temporizador para registar os valores de 2 em 2 segundos. Ao registar uma alteração no valor da intensidade actual, é então criada uma nova mensagem de controlo enviada para o dispositivo em questão. Em relação ao mordomo digital, o utilizador pode criar uma nova tarefa ou pedir ao servidor para actualizar a sua lista. Ao criar uma nova, é criada uma mensagem que é enviada a todos equipamentos iDASH, que a guardam num ficheiro XML. Se o utilizador pretender actualizar a sua lista de tarefas, é enviada uma mensagem a pedir ao servidor para verificar se existem novas. Finalmente na janela de saída, é apresentada uma mensagem ao utilizador para ele confirmar se pretende mesmo sair. Se sim, é então verificada a localização onde ele se encontra, ou encontrava, são

criadas as várias mensagens para indicar à casa inteligente que ele vai sair. Apenas é necessário verificar a localização neste último caso, pois na janela de serviços e de controlo de iluminação são apresentados apenas os serviços do local onde o utilizador se encontra. Todas estas mensagens são enviadas através do módulo de gestão de eventos.

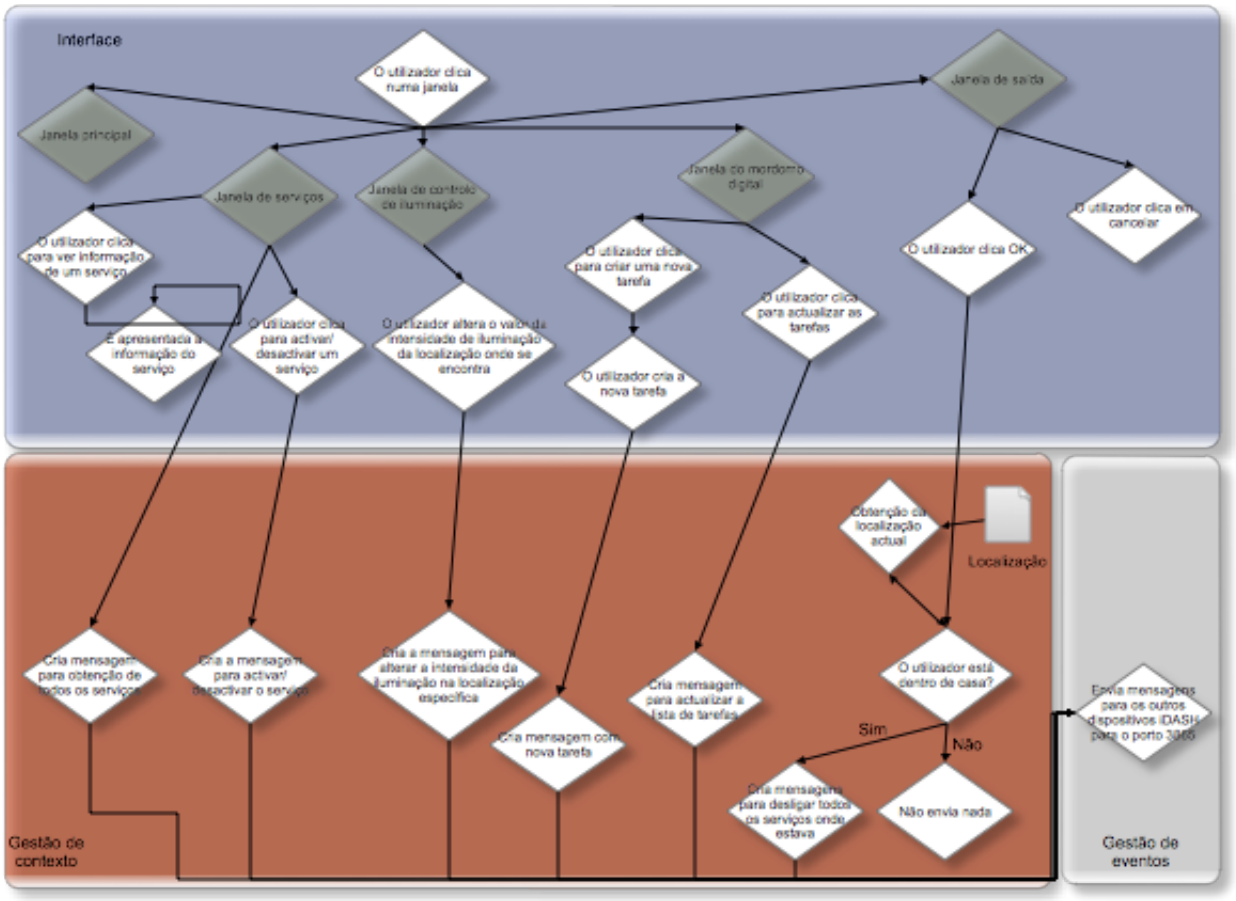
Interface
O utilizador clica numa janela
Janela principal
Janela de serviços
Janela de controlo de iluminação
Janela do mordomo digital
Janela de saída
O utilizador clica para ver informação de um serviço
O utilizador clica para activar/ desactivar um serviço
O utilizador altera o valor da intensidade de iluminação da localização onde se encontra
O utilizador clica para criar uma nova tarefa
O utilizador clica para actualizar as tarefas
O utilizador clica OK
O utilizador clica em cancelar
É apresentada a informação do serviço
O utilizador cria a nova tarefa
Obtenção da localização actual
Localização
Cria mensagem para obtenção de todos os serviços
Cria a mensagem para activar/ desactivar o serviço
Cria a mensagem para alterar a intensidade da iluminação na localização específica
Cria mensagem com nova tarefa
Cria mensagem para actualizar a lista de tarefas
O utilizador está dentro de casa?
Sim
Não
Cria mensagem para desligar todos os serviços onde estava
Não envia nada
Envia mensagens para os outros dispositivos IDASH para o porto 3666
Gestão de contexto
Gestão de eventos

Figura 4.10: Fluxo de informação entre os diferentes módulos no caso da criação de uma mensagem

4.3.6 Interacção remota

Esta funcionalidade vem permitir o controlo e a monitorização da casa inteligente fora da mesma. Deste modo, o utilizador pode ligar-se à sua casa, desde que tenha uma ligação de dados activa no seu dispositivo móvel, e a partir daí fazer todo o processo como se se encontrasse na mesma. Esta situação é particularmente interessante para quando ele se esquece de algo ligado em casa e desta forma pode desligar o serviço.

Inicialmente pensou-se numa solução que passava pelo uso de uma VPN, contudo, a iniciação/paragem desta seria um processo que não poderia ser automatizado, pois teria de ser activado pelo próprio utilizador no dispositivo móvel. Além de mais, seria computacionalmente mais pesada, o que levaria a um maior

consumo de bateria. Posto isto, pensou-se então numa solução mais simples, que passa pelo envio dos dados para o endereço público da casa inteligente. Estes, ao serem detectados no router de casa, são encaminhados para um serviço de *proxy* e este mesmo distribui a informação para todos os dispositivos existentes na residência. A resposta dos dispositivos é enviada novamente para o serviço de *proxy*, que trata de voltar a encaminhar as mensagens para o utilizador remoto. Através da utilização desta funcionalidade, o utilizador pode realizar todas as acções que pretende, tal como se se encontrasse em casa. Na imagem 4.11, é possível visualizar a topologia de funcionamento da interacção remota e na figura 4.12 está exemplificado o esquema de funcionamento descrito.

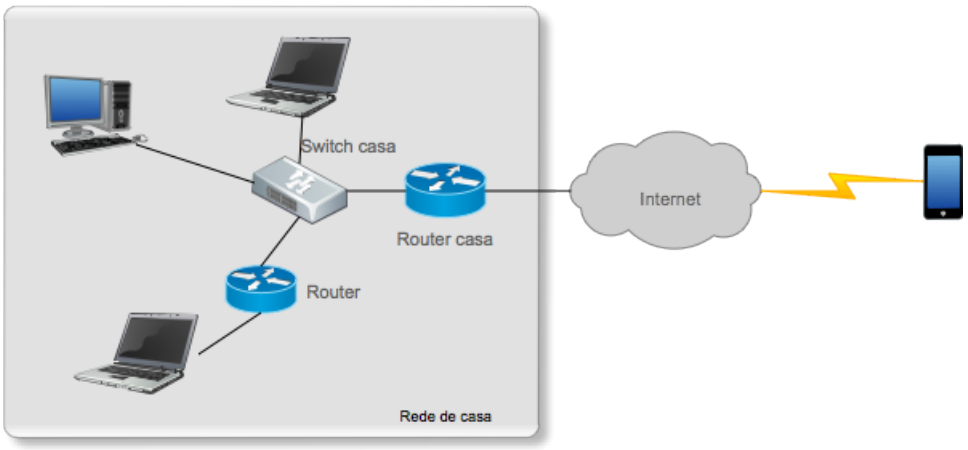

Figura 4.11: Cenário de funcionamento fora de casa

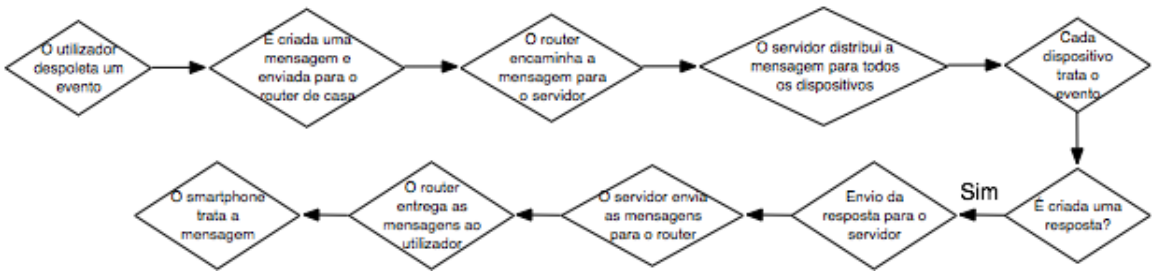
O utilizador despoleta um evento
É criada uma mensagem e enviada para o router de casa
O router encaminha a mensagem para o servidor
O servidor distribui a mensagem para todos os dispositivos
Cada dispositivo trata o evento
É criada uma resposta?
Sim
Envio da resposta para o servidor
O servidor envia as mensagens para o router
O router entrega as mensagens ao utilizador
O smartphone trata a mensagem

Figura 4.12: Diagrama de funcionamento da interacção remota

Para conseguir efectuar a tradução do endereço no router de casa, foi necessário adicionar as seguintes regras à sua firewall:

```
iptables -t nat -A PREROUTING -i eth0 -p udp --dport 3865 -j DNAT --to 10.0.0.4:4545
iptables -A FORWARD -p udp -i eth0 --dport 4545 -d 10.0.0.4 -j ACCEPT
```

Deste modo, todos os pacotes que o router recebe com o porto de destino 3865, encaminha-os para a máquina com endereço IP 10.0.0.4 e esta faz então a distribuição para os outros dispositivos. Existia a possibilidade de colocar este *proxy* no próprio router, contudo, num cenário normal de uma casa, os routers existentes não permitem a introdução de aplicações/serviços de terceiros. Logo, a hipótese mais evidente seria colocar este serviço num equipamento que estivesse sempre activado, como é o caso da máquina que disponibiliza os conteúdos de vídeo.

Para o utilizador verificar se se encontrar dentro da casa inteligente, de modo a activar a detecção de localização caso se verifique, ele envia um pacote com uma mensagem a pedir essa informação ao servidor de conteúdos multimédia. Caso este responda, significa que o utilizador está no interior da residência e o equipamento móvel define como endereço IP de destino o endereço de *broadcast* da rede. Caso contrário, ele está fora e não activa a detecção de localização e define como IP de destino, o endereço público do router de casa. Este fluxo está esquematizado na figura 4.13.

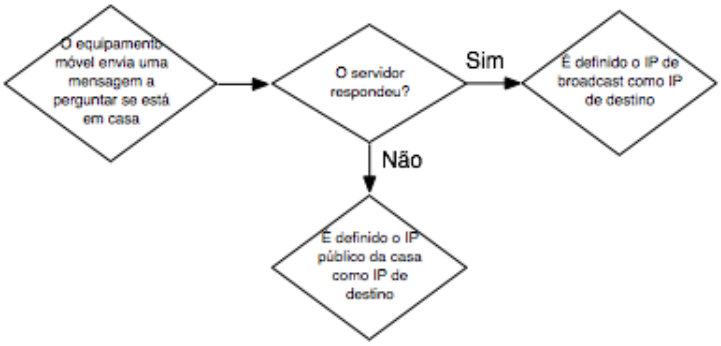
O equipamento móvel envia uma mensagem a perguntar se está em casa
O servidor respondeu?
Sim
É definido o IP de broadcast como IP de destino
Não
É definido o IP público da casa como IP de destino

Figura 4.13: Diagrama de funcionamento do proxy

4.3.7 Interface web

A interface web está acessível a partir de qualquer equipamento conectado à rede interna da casa. Em relação à interface já existente do iDASH, foi alterado o *design* da mesma e foi acrescentada a opção de visualização de eventos. Sendo assim, através dela é possível realizar as seguintes operações:

- Utilizadores - Nesta página podem ser visualizados os utilizadores registados na casa inteligente, bem como algumas informações suas. Adicionalmente, também é possível editar as informações dos mesmos.

- Dispositivos - Esta página apresenta todos os dispositivos existentes na *smart home* que estejam a executar o iDASH, bem como algumas características de cada um.

- Eventos - Esta secção mostra todos os eventos sincronizados no servidor. É possível ver o nome dado ao evento, o local onde irá decorrer bem como a data a que terá início.

- Serviços - Esta página informa sobre todos os serviços existentes na casa inteligente. Em cada serviço, é possível indicar se queremos activá-lo ou desactivá-lo e em que localização.

- Controlo - Nesta página é possível alterar os parâmetros dos serviços de iluminação, como a intensidade das lâmpadas.

4.3.8 Mordomo digital

O mordomo digital é uma aplicação que está integrada na interface do iDASH. Foi criada com a finalidade de ser um gestor/agregador de tarefas internas numa habitação. O objectivo desta aplicação passa por sincronizar as tarefas entre os *smartphones* que estão ligados à rede interna da casa inteligente. Desta forma é possível de uma forma muito fácil agendar tarefas e dá-las a conhecer aos outros residentes. De modo a não introduzir complexidade adicional, apesar de ser uma aplicação diferente, ela faz uso do calendário já existente nos dispositivos móveis da Apple. Desta forma, o utilizador não necessita de conhecimentos adicionais, o que facilita a interacção com a aplicação. Basta ao utilizador efectuar o processo normal para criação de uma nova tarefa, como se estivesse a fazê-lo no calendário já existente. Depois de introduzir uma tarefa, ao clicar no botão *refresh*, o equipamentos envia as actualizações para o servidor de conteúdos multimédia. Este regista essas tarefas num ficheiro XML, que posteriormente pode ser visualizado na interface web do iDASH e publica-as a todos os outros dispositivos iDASH. Optou-Se por difundir as mensagens desta forma de modo a não se verificarem erros entre as diferentes máquinas. Ao efectuar a actualização, o servidor de conteúdos multimédia também verifica se o dispositivo móvel se encontra actualizado com as últimas tarefas criadas por outros utilizadores. Foi escolhido este servidor pois é onde estão a ser emitidos os vídeos que podem ser visualizados na casa e para tal necessita de estar sempre ligado. Na imagem 4.14, é criada uma nova tarefa por um utilizador e é enviado, consequentemente, um pedido de actualização ao servidor. Este último, ao receber o pedido, verifica que o cliente tem informações mais recentes, envia um pedido para obter as tarefas mais recentes do utilizador. É então enviada a tarefa ao servidor, que a regista no ficheiro de tarefas. Por fim, este último difunde a nova tarefa a todos os dispositivos da casa inteligente que a registam no seu ficheiro XML de tarefas.

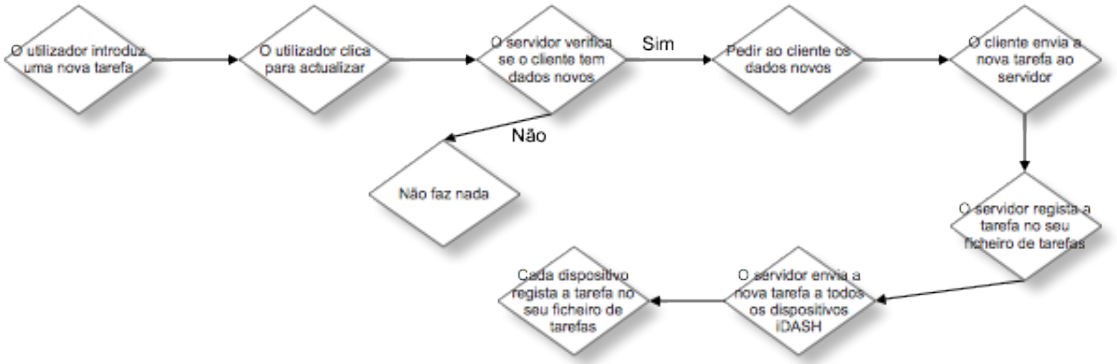
O utilizador introduz uma nova tarefa
O utilizador clica para actualizar
O servidor verifica se o cliente tem dados novos
Sim
Pedir ao cliente os dados novos
O cliente envia a nova tarefa ao servidor
Não
Não faz nada
O servidor regista a tarefa no seu ficheiro de tarefas
Cada dispositivo regista a tarefa no seu ficheiro de tarefas
O servidor envia a nova tarefa a todos os dispositivos iDASH

Figura 4.14: Criação de uma nova tarefa e registo no servidor

Na figura 4.15, o servidor possui tarefas mais recentes que o cliente não tem. Como tal ao enviar o pedido de actualização ao servidor, este envia-lhe os dados mais recentes que possui. O cliente, por sua vez, regista as mesmas e actualiza o seu calendário.

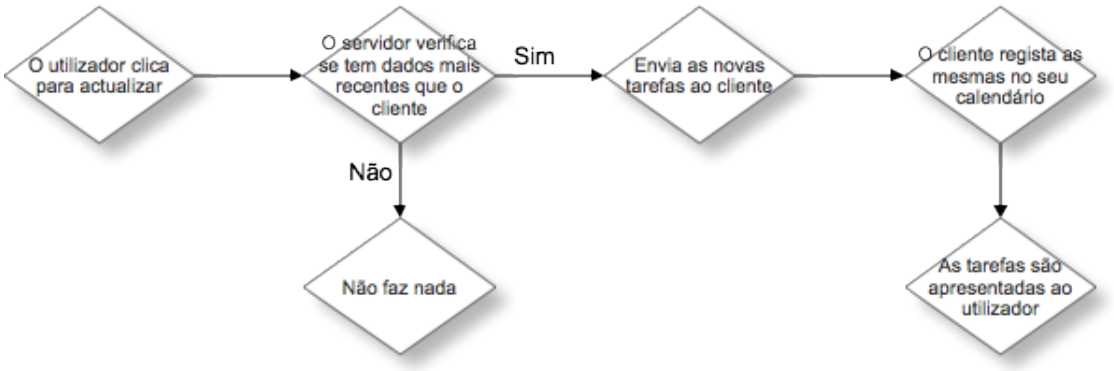
O utilizador clica para actualizar
O servidor verifica se tem dados mais recentes que o cliente
Sim
Envia as novas tarefas ao cliente
O cliente regista as mesmas no seu calendário
Não
Não faz nada
As tarefas são apresentadas ao utilizador

Figura 4.15: Actualização do cliente com novos dados do servidor

Caso o utilizador se encontre fora de casa e pretenda inserir uma tarefa, pode seguir o mesmo processo de inserção da tarefa na aplicação pois esta mesma detecta que se encontra fora de casa e trata de enviar a nova mensagem para o router de casa através do seu endereço público.

5

Testes e Avaliação

Quando um novo sistema é desenvolvido, é indispensável que ele seja testado e validado segundo alguns parâmetros relevantes, de modo a assegurar a sua eficiência. Nesta secção irá ser especificado como serão feitas a avaliação e a validação. Como cenário de teste foi utilizado um que já tinha sido instalado para testar o iDASH e que permite demonstrar a utilização numa casa típica.

O cenário de teste do iDASH permite realizar todos os testes como se fosse numa casa real com várias divisões e serviços.

5.1 Metodologias de avaliação e de validação

5.1.1 Avaliação

Seguidamente, são apresentadas as métricas com as quais foi feita a avaliação da solução:

- Desempenho - Análise do desempenho do iDASH no *smartphone* colocando o sistema sob *stress*, de modo a se poder verificar a variação nos tempos de resposta e na perda de pacotes. Estes testes

foram realizados através do envio de vários pacotes em rajada com diferentes intervalos de tempo.

- Consumo de bateria - Análise do consumo da bateria do equipamento móvel utilizando os diferentes serviços/aplicações.

- Usabilidade - Análise da facilidade de utilização da solução através de demonstrações com utilizadores reais.

- Desempenho remoto - Análise do desempenho do iDASH no *smartphone*, estando este ligado a uma rede externa à casa inteligente, colocando o sistema sob *stress*, de modo a se poder verificar a variação nos tempos de resposta e na perda de pacotes.

Como está especificado na parte da usabilidade, foi dada a possibilidade a utilizadores sem qualquer conhecimento do sistema, de testar a solução e foram utilizados os seus comentários para enriquecer a avaliação.

5.1.2 Validação

De modo a poder avaliar correctamente a solução e obter resultados fidedignos, foi utilizado um cenário real, o qual já existe, tendo sido instalado no decorrer da tese iDASH no laboratório do GEMS[1]. Neste cenário foi acrescentado o dispositivo móvel que funcionou como outra instância a correr o *middleware*, como já foi dito anteriormente.

5.2 Testes

De modo a testar e verificar a viabilidade desta solução, foi criado um cenário de teste com várias situações típicas de utilização num ambiente residencial. Adicionalmente, é fundamental comprovar a viabilidade deste projecto junto de utilizadores sem qualquer conhecimento que poderiam adoptar este sistema. Este processo foi elaborado através de um inquérito.

Na figura 5.1, está demonstrado o cenário de teste utilizado na tese iDASH, o qual se mantém para este projecto.

[1] http://gems.leme.org.pt

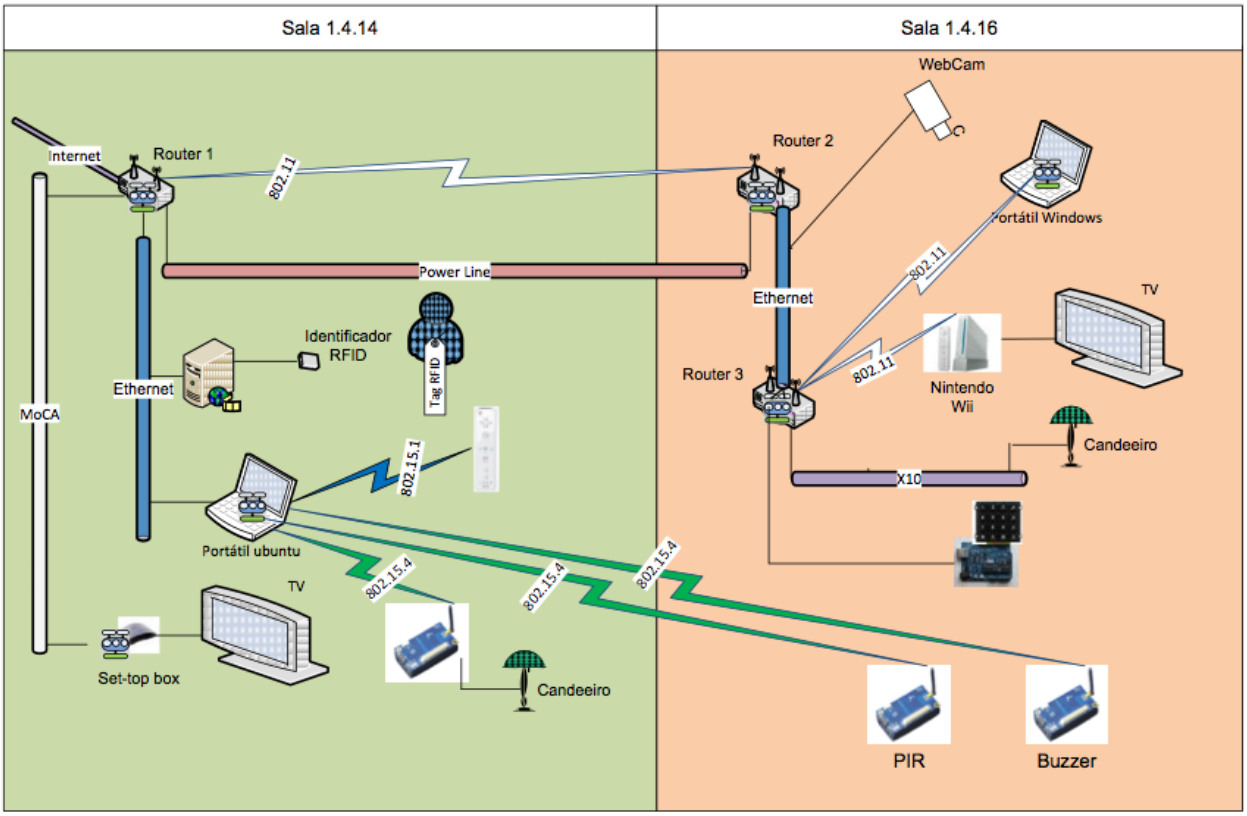

Figura 5.1: Cenário de teste utilizado no iDASH [1]

Contudo, neste cenário, será adicionado um iPod que poderá "viajar"entre as duas salas. Na secção seguinte, são apresentados os cenários de utilização que serão testados para validar esta solução. Estes diferentes cenários foram pensados de modo a representarem o mais possível uma utilização normal de um utilizador que possua este sistema em sua casa.

5.2.1 Cenário de teste

Os cenários abaixo descritos foram utilizados para efectuar as demonstrações com utilizadores reais, sem conhecimento do sistema. De seguida passa-se a identificar os mesmos.

O utilizador entra em casa e identifica-se. Isto é, o *smartphone* pede-lhe para indicar a sua identificação e o utilizador diz o seu nome e o seu código. Ao detectar, a aplicação transforma a voz em texto e verifica se corresponde ao utilizador em questão. Ao confirmar a validade da informação, se estiver correcta, a sala, que é o local onde o utilizador se encontra actualmente, automaticamente adapta-se a ele, ou seja, os conteúdos multimédia programados por ele começam a ser activados, bem como luzes e outros serviços predefinidos. Esta descrição está exemplificada no diagrama 5.2.

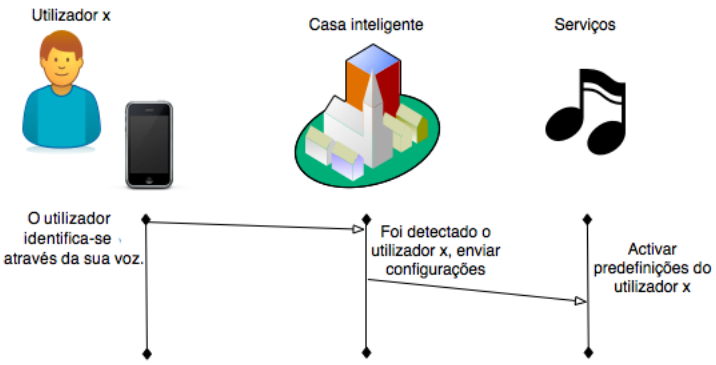
Utilizador x
Casa inteligente
Serviços
O utilizador identifica-se através da sua voz.
Foi detectado o utilizador x, enviar configurações
Activar predefinições do utilizador x

Figura 5.2: Cenário 1 - Detecção de perfil

De seguida, ele decide mudar de local, contudo não pretende perder nada do filme que estava a ver. Portanto, ele "abana"o dispositivo móvel e continua a visualizar o filme no mesmo, e quando entra na nova localização, é detectado e os conteúdos são automaticamente “transferidos” para esse novo local, como se pode ver na figura 5.3.

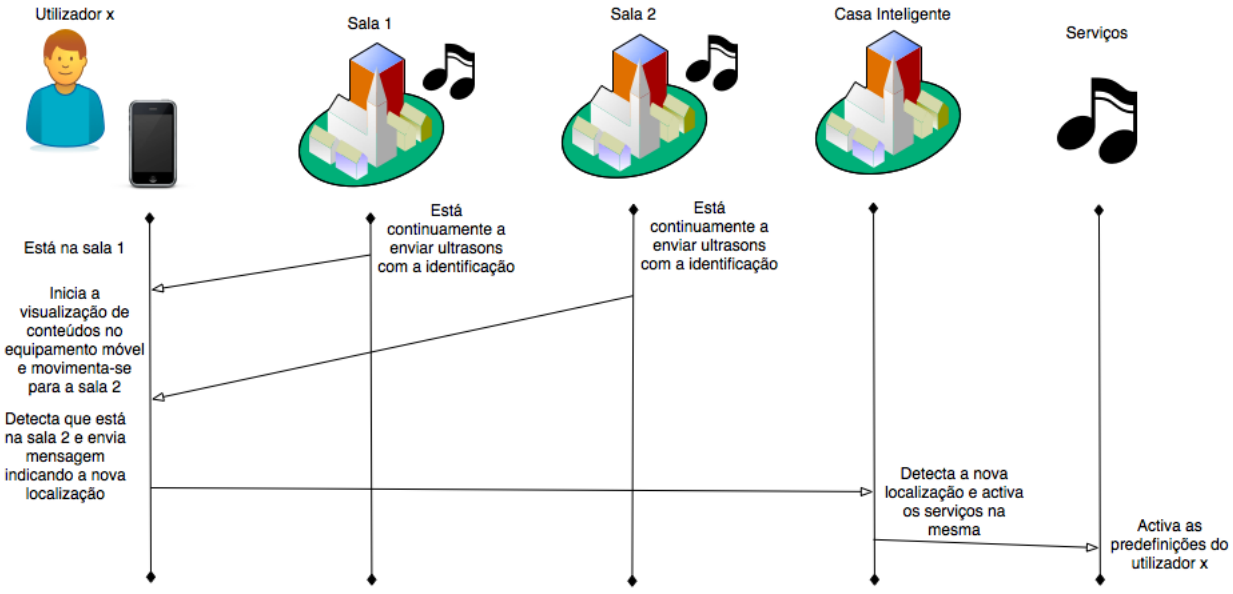
Utilizador x
Sala 1
Sala 2
Casa Inteligente
Serviços
Está na sala 1
Está continuamente a enviar ultrasons com a identificação
Está continuamente a enviar ultrasons com a identificação
Inicia a visualização de conteúdos no equipamento móvel e movimenta-se para a sala 2
Detecta que está na sala 2 e envia mensagem indicando a nova localização
Detecta a nova localização e activa os serviços na mesma
Activa as predefinições do utilizador x

Figura 5.3: Cenário 2 - Detecção de contexto e visualização de conteúdos multimédia no *smartphone*

Mais tarde, decide verificar a agenda da casa, de modo a visualizar as tarefas que tem agendado. Para isso, selecciona na TV, o serviço de mordomo digital e consegue ver uma lista das tarefas. Este cenário está esquematizado na figura 5.4

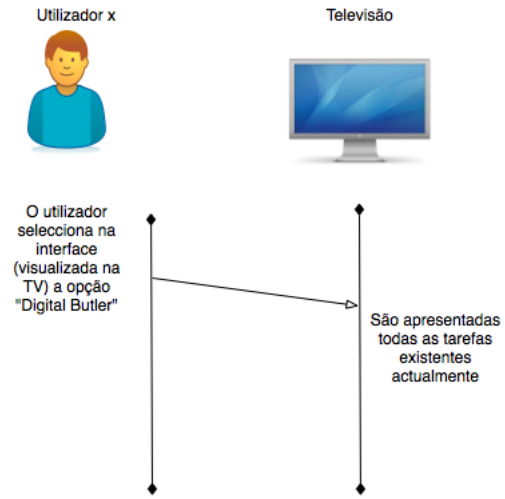
Utilizador x
Televisão
O utilizador selecciona na interface (visualizada na TV) a opção "Digital Butler"
São apresentadas todas as tarefas existentes actualmente

Figura 5.4: Cenário 3 - Visualização de tarefas através do serviço de mordomo digital

Passado algum tempo, ele decide sair de casa. Ao efectuar esta acção, o sistema detecta essa saída e desliga todo o ambiente associado ao utilizador, como se pode ver na imagem 5.5.

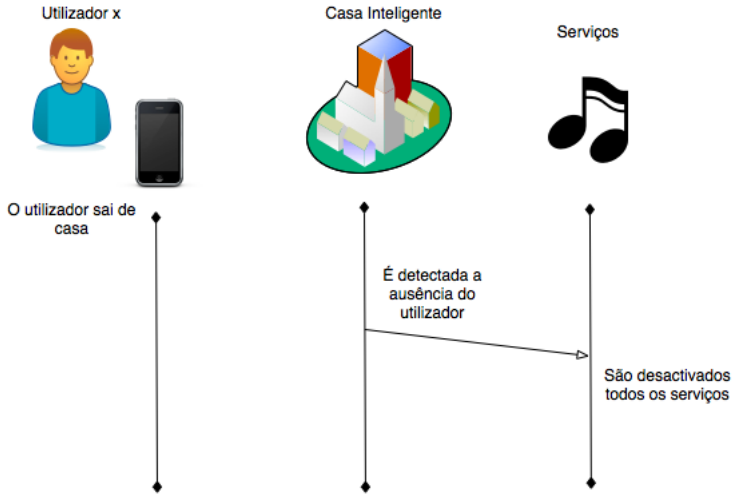

Figura 5.5: Cenário 4 - Detecção da saída de casa

Depois de sair de casa, o utilizador verifica que necessita de adicionar uma tarefa ao sistema, de modo a indicá-la a outro familiar. Para tal, a aplicação detecta que ele não está na rede de casa e envia a tarefa para o router de casa. Em casa, o router encaminha a mensagem para o servidor que depois actualiza todos os outros equipamentos. Esta situação está exemplificada na figura 5.6.

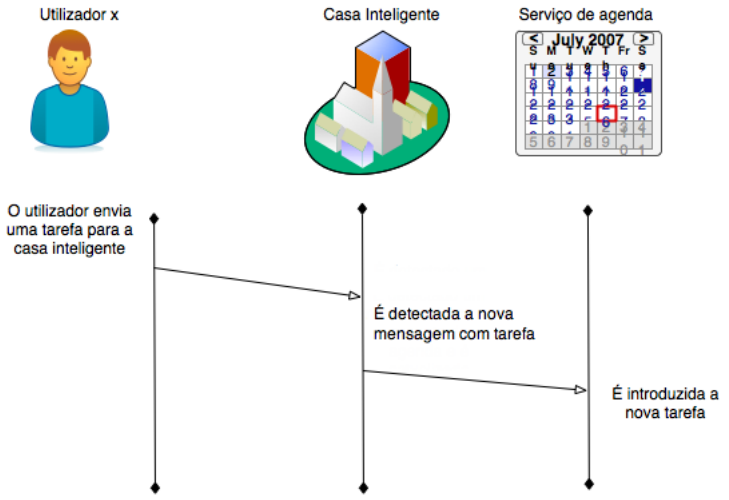
Utilizador x
Casa Inteligente
Serviço de agenda
July 2007
O utilizador envia uma tarefa para a casa inteligente
É detectada a nova mensagem com tarefa
É introduzida a nova tarefa

Figura 5.6: Cenário 5 - Criação de tarefa fora da rede da casa inteligente

Fora de casa, o utilizador acede à aplicação da mesma e através de uma ligação 3G ou um hotspot wifi, liga a luz da sala, de modo a indicar presença na habitação, como está apresentado na imagem 5.7.

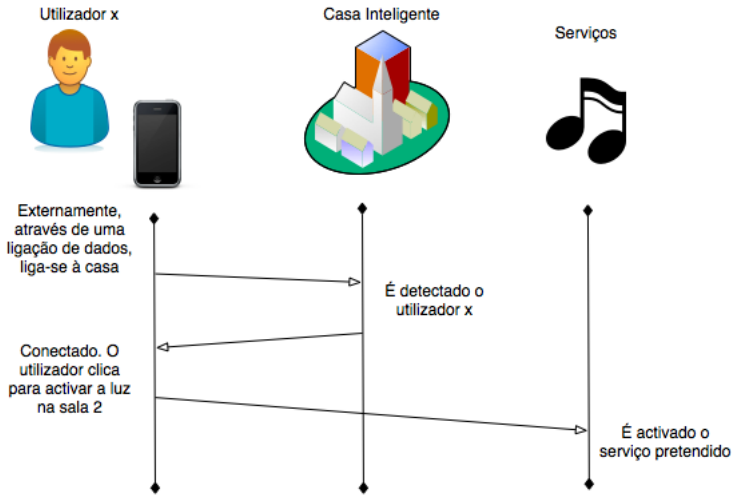
Utilizador x
Casa Inteligente
Serviços
Externamente, através de uma ligação de dados, liga-se à casa
É detectado o utilizador x
Conectado. O utilizador clica para activar a luz na sala 2
É activado o serviço pretendido

Figura 5.7: Cenário 6 - Utilização da aplicação de monitorização e controlo da casa numa rede externa

5.3 Resultados

Nesta secção, são apresentados os resultados obtidos dos testes realizados no ambiente descrito anteriormente. Para a realização dos testes abaixo apresentados, foi criada uma aplicação que gerava e enviava mensagens de obtenção de serviços ao dispositivo móvel e depois este respondia. Foram testados os cenários de utilização local e remota, onde eram enviados cerca de 5000 pacotes sem qualquer intervalo

entre cada e com um intervalo de 0,1 segundo entre cada. O envio de tal número de pacotes num espaço de tempo tão pequeno serviu para efectuar uma comparação com os testes realizados no iDASH, os quais utilizavam esta metodologia. No final, são apresentados os resultados do envio de pacotes com intervalos aleatórios, de modo a retratar uma situação real.

5.3.1 Envio de pacotes em rajada

Neste teste, os pacotes eram enviados todos seguidos, ou seja, em rajada e o *smartphone* processava o evento e enviava a respectiva resposta. Na imagem 5.8, estão apresentados os tempos de resposta obtidos na execução do teste.

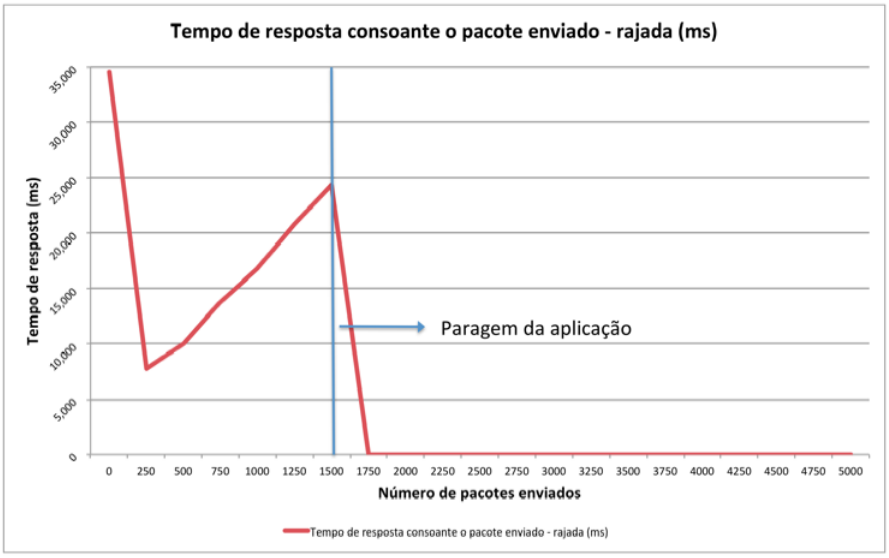
Tempo de resposta consoante o pacote enviado - rajada (ms)
Tempo de resposta (ms)
35,000
30,000
25,000
20,000
15,000
10,000
5,000
0
Paragem da aplicação
0 250 500 750 1000 1250 1500 1750 2000 2250 2500 2750 3000 3250 3500 3750 4000 4250 4500 4750 5000
Número de pacotes enviados
Tempo de resposta consoante o pacote enviado - rajada (ms)

Figura 5.8: Tempo de resposta ao envio de pacotes em rajada sem intervalo

Como se pode verificar no gráfico anterior, os primeiros pacotes que são enviados para o equipamento móvel apresentam um tempo de resposta muito elevado, pois o *smartphone* não garante que a ordem de envio dos pacotes é respeitada na execução dos mesmos. Mas logo de seguida, até ao pacote 250, sensivelmente, verifica-se um decréscimo brutal do tempo de resposta, pois estes são executados e novamente enviados primeiro que aqueles descritos na frase anterior. A partir do pacote 250, aproximadamente, o tempo de resposta volta novamente a subir. Isto acontece porque o equipamento móvel não consegue ter capacidade para responder a tantos pedidos consecutivos. Finalmente, por volta do pacote 1500, o *smartphone* não consegue processar tantos pedidos e está a ficar saturado, logo é forçada a paragem da aplicação de modo a libertar memória e capacidade de processamento. Isto acontece pois, estes equipamentos da Apple fazem uma gestão automática da memória e do processador, de modo a evitar que

uma única aplicação esgote todos os recursos desses equipamentos. Na figura 5.9, é possível visualizar a percentagem de perda de pacotes que vai acontecendo à medida que são enviados os pacotes.

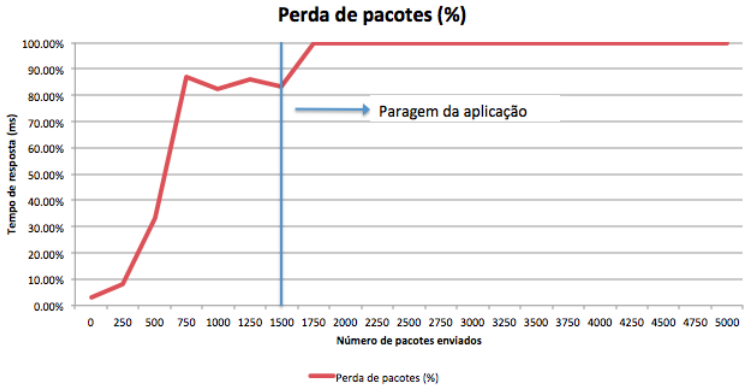

Figura 5.9: Perda de pacotes na recepção de rajadas sem intervalo

A perda de pacotes é cada vez mais significativa ao longo do tempo, isto porque o dispositivo móvel multifuncional não consegue processar tantos pacotes como os que recebe, pois é de certo modo limitado ao nível de processador e memória. Apesar de verificar uma certa estabilização nos 85% de pacotes perdidos, esta situação não é importante pois logo de seguida a aplicação é forçada a parar.

O que se pode concluir deste teste, apesar de ser um teste pouco razoável pois uma situação destas nunca acontecerá numa casa inteligente, é que o equipamento móvel não consegue processar tantas mensagens como um computador e/ou um router, como se pode ver em [1] .

5.3.2 Envio de pacotes em intervalos de 0,1 segundo

No teste apresentado de seguida, os pacotes eram enviados com intervalos de 100 milésimos de segundo. Foi também medido o tempo que o *smartphone* demora a receber, processar e enviar novamente a mensagem para a sua origem.

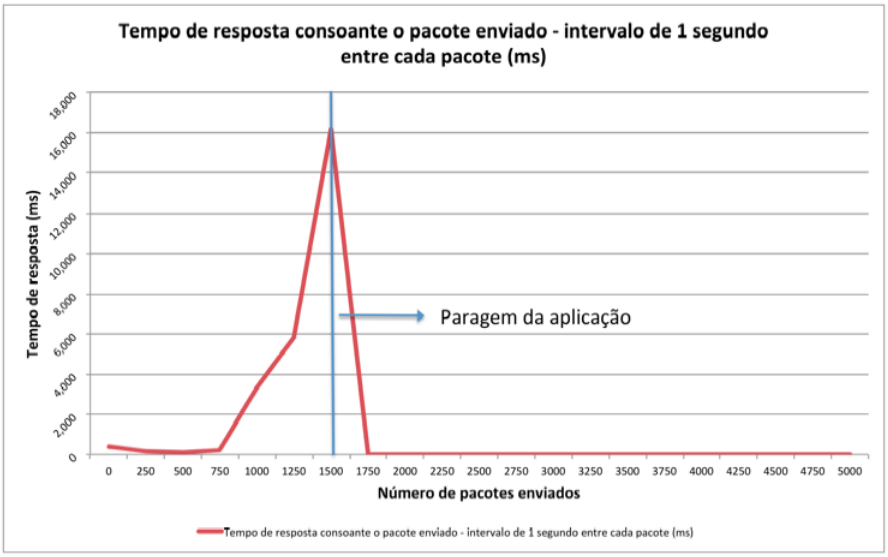
Tempo de resposta consoante o pacote enviado - intervalo de 1 segundo entre cada pacote (ms)
Tempo de resposta (ms)
18,000
16,000
14,000
12,000
10,000
8,000
6,000
4,000
2,000
0
Paragem da aplicação
0 250 500 750 1000 1250 1500 1750 2000 2250 2500 2750 3000 3250 3500 3750 4000 4250 4500 4750 5000
Número de pacotes enviados
Tempo de resposta consoante o pacote enviado - intervalo de 1 segundo entre cada pacote (ms)

Figura 5.10: Tempo de resposta ao envio de pacotes com intervalo de 100 ms

O gráfico 5.10 apresenta uma situação diferente daquela que foi mostrada no teste anterior, isto porque devido ao facto dos pacotes serem enviados com um determinado intervalo, o iPod de teste consegue responder mantendo, na generalidade, a ordem com que as mensagens foram enviadas pelo servidor. Por isso é que se verifica um tempo de resposta uniforme até ao pacote 750. A partir deste último, o gráfico apresenta uma subida exponencial, até à paragem da aplicação. Esta situação acontece devido ao facto de, tipicamente, o dispositivo móvel demorar mais do que 100 ms a processar o pacote. Ou seja, o que se quer dizer com isto é que apesar de existir um intervalo entre o envio das mensagens, ao longo do tempo, esse intervalo vai sendo reduzido do lado do *smartphone*, pois como foi dito, ele, geralmente, demora mais de 100 ms a realizar o processo pretendido. Por volta do pacote 1500, a aplicação é forçada a parar porque já se encontra a consumir demasiados recursos e este consumo continua a aumentar drasticamente visto ele não ser capaz de responder às mensagens no tempo devido.

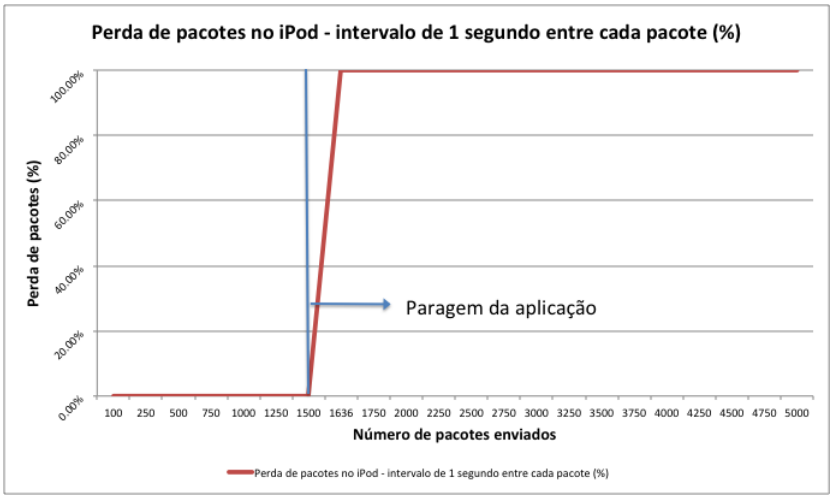
Perda de pacotes no iPod - intervalo de 1 segundo entre cada pacote (%)
Perda de pacotes (%)
100.00%
80.00%
60.00%
40.00%
20.00%
0.00%
Paragem da aplicação
100 250 500 750 1000 1250 1500 1636 1750 2000 2250 2500 2750 3000 3250 3500 3750 4000 4250 4500 4750 5000
Número de pacotes enviados
Perda de pacotes no iPod - intervalo de 1 segundo entre cada pacote (%)

Figura 5.11: Perda de pacotes na recepção com intervalo de 100 ms

Contrariamente ao que se verifica no teste anterior, aqui a percentagem de perda de pacotes é constante e quase nula. Isto acontece graças ao intervalo entre envio de pacotes pelo servidor. O único aumento verifica-se na paragem da aplicação.

Concluindo, a introdução de um intervalo entre envio de pacotes, apesar de ser muito pequeno, veio permitir que a percentagem de perda de pacotes fosse quase nula ao longo do tempo. Contudo, o número de pacotes que fica em fila de espera no dispositivo móvel, para ser executado, aumenta exponencialmente até ao momento em que a aplicação é parado, de modo a não esgotar todos os recursos.

5.3.3 Envio de pacotes em intervalos aleatórios

No teste seguinte, os pacotes eram enviados com intervalos aleatórios, de modo a simular uma situação real no contexto da casa inteligente. Foi também medido o tempo que o *smartphone* demora a receber, processar e enviar novamente a mensagem para a sua origem.

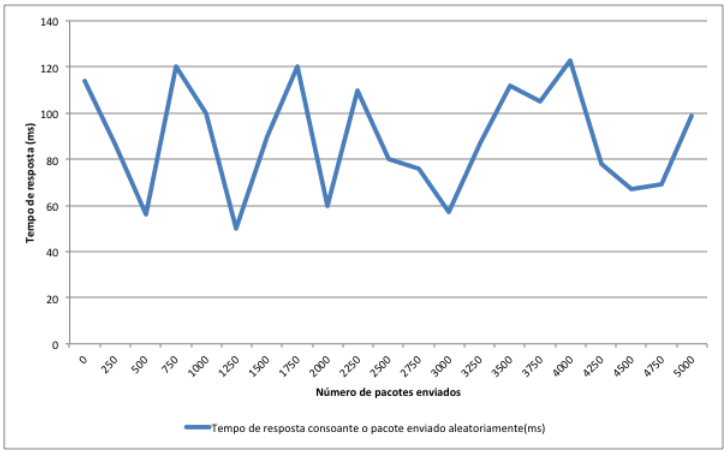

Figura 5.12: Tempo de resposta ao envio de pacotes com intervalos aleatórios

O gráfico 5.12 permite verificar que a aplicação funcionou correctamente durante todo o teste, não se verificando qualquer paragem forçada. Os tempos de resposta obtidos situam-se perto dos 100 ms, sendo aceitáveis para o cenário em questão, pois este tempo acaba por não ser perceptível ao utilizador. Contudo, se compararmos com os resultados obtidos em [1], verificamos que os valores são cerca de 300% mais elevados. Esta situação deve-se a vários factores como a utilização de uma ligação sem fios por parte do *smartphone*, ao contrário do que acontece com os computadores e os routers existentes no cenário de teste que estavam ligados através da rede cabeada. O outro factor prende-se com o facto do equipamento móvel ser muito mais limitado em termos de processamento e memória do que os dispositivos citados anteriormente.

Em termos de perda de pacotes neste cenário, esta situação não se verificou pois foram todos recebidos e devolvidos à origem. Isto deve-se ao facto do equipamento ter o tempo necessário para processar e voltar a enviar cada pacote.

5.3.4 Envio de pacotes em rajada através de uma rede externa

Na realização deste teste, ligou-se o *smartphone* a uma rede externa ao iDASH, de modo a simular uma ligação de fora da rede interna. De modo a se conseguir fazer o encaminhamento dos pacotes para a rede da casa inteligente, foram introduzidas regras de NAT, como foi apresentado no capítulo de implementação. Este cenário está exemplificado na figura 5.13.

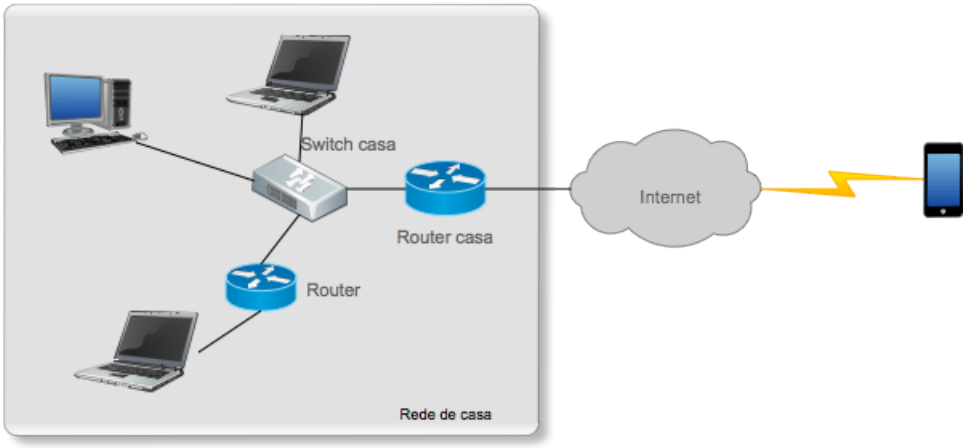

Figura 5.13: Cenário de funcionamento da interacção remota

Depois de pôr em prática o cenário apresentado acima, foi então realizado o teste de envio de 5000 pacotes em rajada sem qualquer intervalo entre cada um.

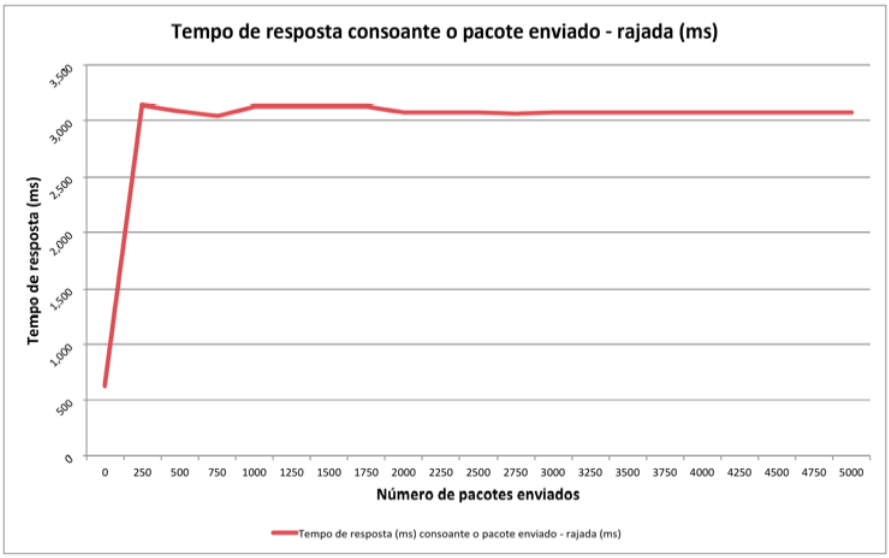
Tempo de resposta consoante o pacote enviado - rajada (ms)
Tempo de resposta (ms)
3,500
3,000
2,500
2,000
1,500
1,000
500
0
0 250 500 750 1000 1250 1500 1750 2000 2250 2500 2750 3000 3250 3500 3750 4000 4250 4500 4750 5000
Número de pacotes enviados
Tempo de resposta (ms) consoante o pacote enviado - rajada (ms)

Figura 5.14: Tempo de resposta ao envio de pacotes em rajada sem intervalo

Na figura 5.14, verifica-se que o tempo de resposta aumenta significativamente à medida que vão chegando mais pacotes. Aproximadamente na zona de recepção do pacote 250, o valor começa a estabilizar

até ao final do teste. Contudo, pode se verificar que o tempo de resposta médio se situa nos 3 segundos, o que é bastante elevado. É de salientar que este foi o único teste onde não se verificou a paragem forçada da aplicação, contudo, como se pode analisar no gráfico abaixo, da perda de pacotes, esta variável está quase nos 100%, o que permite afirmar que muito poucos pacotes são devolvidos à fonte. A razão pela qual a aplicação não parou, prende-se com o facto que os pacotes não chegam a ser processados pelo dispositivo móvel devido a terem sido descartados no caminho entre a rede do iDASH e o equipamento.

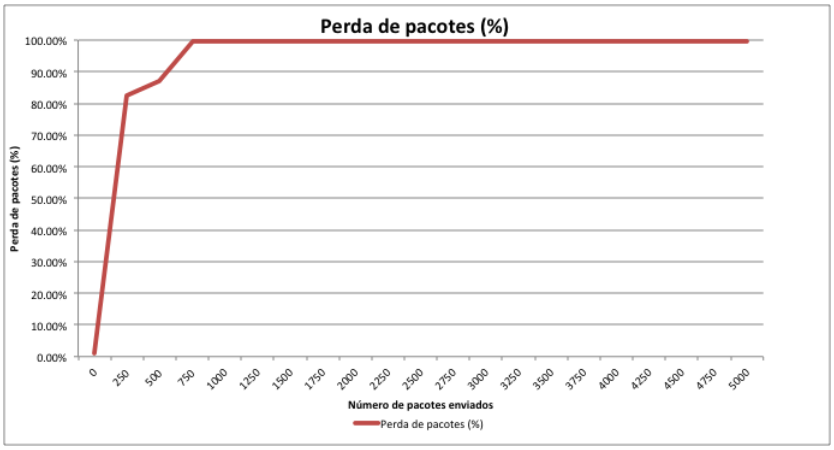

Figura 5.15: Perda de pacotes na recepção de rajadas sem intervalo

Como já foi analisado no parágrafo anterior, a percentagem de perda de pacotes é muito elevado, isto é, quase 100%. A conclusão que se pode retirar é que as mensagens estão a ser descartados ou perdidas no caminho entre os equipamentos de origem e destino. Esta situação poderá acontecer recorrentemente pois não é possível ter qualquer controlo sobre os equipamentos de transição.

5.3.5 Envio de pacotes em intervalos de 0,1 segundo através de uma rede externa

Para efectuar este teste, ligou-se o *smartphone* a uma rede externa ao iDASH, de modo a simular uma ligação de fora da rede interna. Para melhorar a percentagem de perda de pacotes que se verificou na secção anterior e melhorar também o tempo de resposta, foi adicionado um intervalo de 0,1 segundo entre o envio de cada pacote.

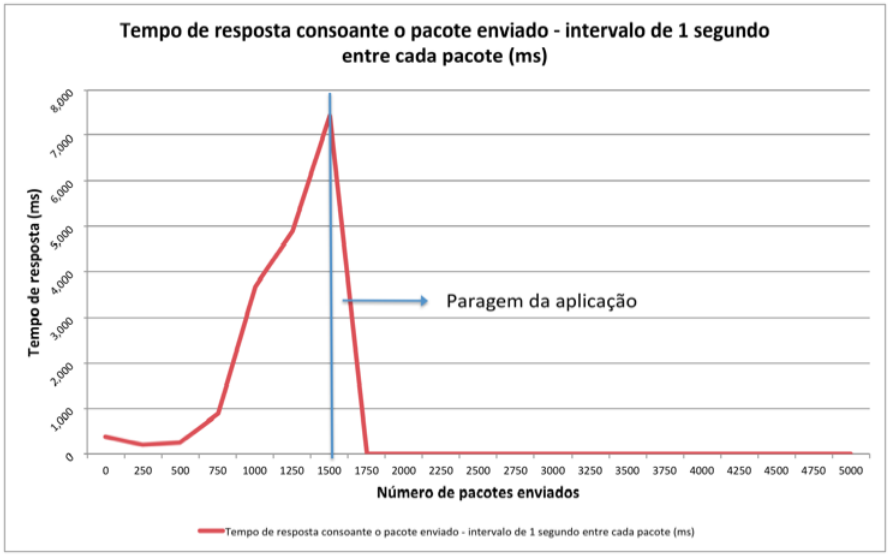
Tempo de resposta consoante o pacote enviado - intervalo de 1 segundo entre cada pacote (ms)
Tempo de resposta (ms)
8,000
7,000
6,000
5,000
4,000
3,000
2,000
1,000
0
Paragem da aplicação
0 250 500 750 1000 1250 1500 1750 2000 2250 2500 2750 3000 3250 3500 3750 4000 4250 4500 4750 5000
Número de pacotes enviados
Tempo de resposta consoante o pacote enviado - intervalo de 1 segundo entre cada pacote (ms)

Figura 5.16: Tempo de resposta ao envio de pacotes com intervalo de 100 ms

Como se pode ver na imagem 5.16, com a introdução de um intervalo o comportamento é totalmente diferente. Este intervalo permite que os pacotes já não sejam descartados nos equipamentos de transição e que cheguem ao seu destino. Neste cenário, o comportamento dos valores de tempo de resposta é sensivelmente o mesmo que no teste na rede interna onde também foi aplicado um intervalo de 0,1 segundo entre o envio de cada pacote. A explicação é a mesma que para esse cenário, pois o intervalo que é aplicado não é suficiente para o pacote ser recebido, processado e novamente enviado para o destino. Mais uma vez, por volta da recepção do pacote 1500, a aplicação é forçada a parar pois já está a consumir demasiados recursos e o gestor de memória do dispositivo termina-a[2].

[2]http://developer.apple.com/library/ios/documentation/Cocoa/Conceptual/MemoryMgmt/MemoryMgmt.pdf

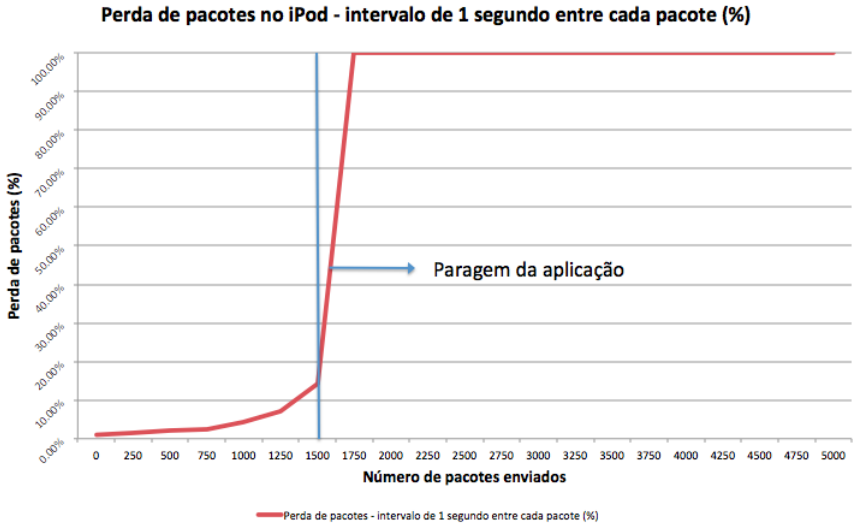
Perda de pacotes no iPod - intervalo de 1 segundo entre cada pacote (%)
Perda de pacotes (%)
100.00%
90.00%
80.00%
70.00%
60.00%
50.00%
40.00%
30.00%
20.00%
10.00%
0.00%
Paragem da aplicação
0 250 500 750 1000 1250 1500 1750 2000 2250 2500 2750 3000 3250 3500 3750 4000 4250 4500 4750 5000
Número de pacotes enviados
Perda de pacotes - intervalo de 1 segundo entre cada pacote (%)

Figura 5.17: Perda de pacotes na recepção com intervalo de 100 ms

Em relação à percentagem de perda de pacotes, nesta situação é de certo modo normal se verificar uma pequena percentagem pois existem muito mais equipamentos por onde passam os pacotes. Contudo, esta é relativamente baixa, situando-se geralmente abaixo dos 10%.

5.3.6 Envio de pacotes em intervalos aleatório através de uma rede externa

No teste seguinte, ligou-se o equipamento móvel a uma rede externa e foram enviados pacotes de forma aleatório para simular uma utilização real.

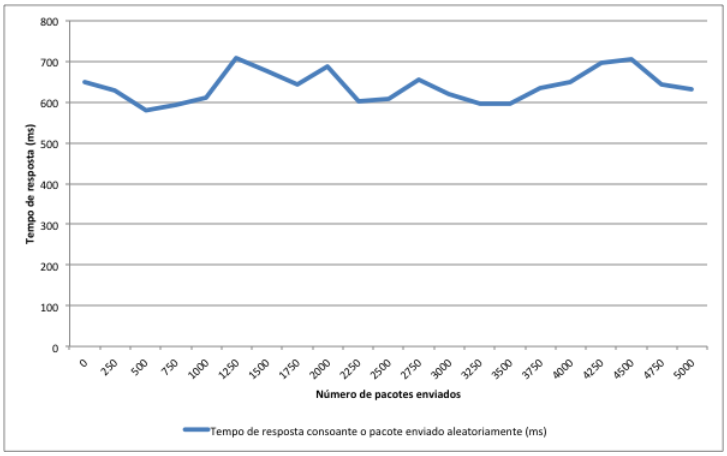

Figura 5.18: Tempo de resposta ao envio de pacotes com intervalos aleatórios através de uma rede externa

Na figura 5.18 pode-se verificar que o comportamento do telefone móvel foi sensivelmente o mesmo ao

longo de todo o teste. Ou seja, não se verificou a paragem da aplicação e os valores obtidos foram próximos dos 600-700 ms. Considerando que não temos qualquer controlo sobre os equipamentos localizados entre as duas redes, estes valores são perfeitamente aceitáveis. Contudo, numa utilização remota, estes valores poderão ser bastantes diferentes, já que o utilizador pode se ligar a qualquer rede, podendo serem muito complexas e com muitos equipamentos.

Em termos de perda de pacotes neste cenário, esta situação não se verificou pois foram todos recebidos e devolvidos à origem. Isto deve-se ao facto do equipamento ter o tempo necessário para processar e voltar a enviar cada pacote.

5.3.7 Consumo de bateria

Um componente de extrema importância num *smartphone* é a bateria. Pois esta não é eterna e tem de ser feita uma gestão adequada de modo a optimizar ao máximo o seu consumo. De modo a analisar o consumo de bateria provocado pelas aplicações criadas, foi criada uma aplicação que permitia obter a percentagem de bateria disponível quando esta se alterava e guardar esse valor juntamente com a data e hora em questão num ficheiro, como se pode ver na figura 5.19.

É activada a monitorização da bateria
Em espera ...
É detectado um evento de alteração da bateria
É obtida a hora actual
É gravado num ficheiro o valor da bateria e a hora

Figura 5.19: Diagrama do funcionamento da aplicação de visualização da bateria

Através dos valores obtidos por esta aplicação, foi elaborado um gráfico onde é possível ver os momentos em que foi alterado algo no telefone e o consumo provocado por essas alterações.

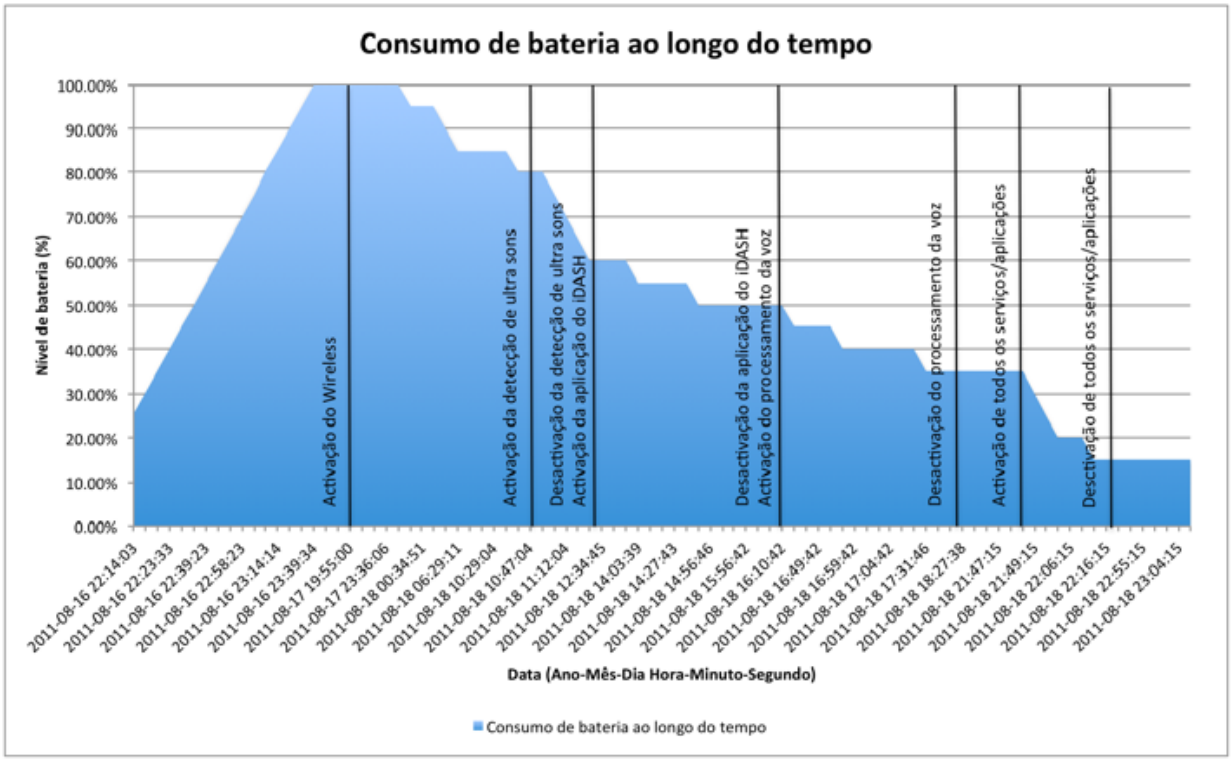

Figura 5.20: Consumo de bateria ao longo do tempo

Na figura 5.20, é possível visualizar que a própria ligação wireless do equipamento consome muito pouca bateria, pois não se verifica nenhum decréscimo em cerca de 3 horas. A partir do momento que se ligam as aplicações/serviços a utilizar é que a drenagem é muito maior. Na tabela 5.1 é possível ver os dados obtidos pelo gráfico e que permite desde logo retirar algumas conclusões.

Aplicação/Serviço	Tempo de utilização (horas)	Bateria consumida (%)
Detecção de ultra-sons	3	20
iDASH	3	10
Processamento de voz	3	15
Todos	1	15

Tabela 5.1: Consumo da bateria consoante a aplicação que esteja activada

As conclusões que se podem retirar da tabela anterior são simples. É fácil verificar que a aplicação que tratará da detecção de contexto apresenta o maior consumo (20% em 3 horas de utilização). Para re-

solver esta situação decidiu-se introduzir o mecanismo discutido na secção de implementação que permite activar esta detecção apenas quando o utilizador se move. O processamento de voz apenas é utilizado quando o utilizador inicia a aplicação, ou seja, se ele não sair da mesma, esta é utilizada muito poucas vezes. Além de mais, o tempo que está a processar é tanto mais pequeno quanto menos vezes o utilizador errar a sua identificação. É também de salientar que, caso estejam todas as aplicações/serviços a correr ao mesmo tempo, o consumo é extremamente elevado, sendo possível afirmar que a bateria do dispositivo móvel apenas consegue aguentar durante 5 horas, aproximadamente.

5.3.8 Discussão

Uma das primeiras conclusões que se pode retirar dos testes realizados é que, nos cenários em que é aplicado um intervalo de 0,1 segundo entre o envio de pacotes, a perda de pacotes é muito menor, como se pode visualizar nos gráficos acima. Contudo, apesar da existência desse intervalo, a aplicação acaba por ser forçada a parar, pois o número de pacotes que recebe é demasiado elevado e não consegue processá-los em tempo útil (entende-se por tempo útil, o tempo entre o envio de cada pacote). Se olharmos para os testes realizados com intervalos normais de modo a simular uma utilização real, os valores obtidos são perfeitamente normais e não se verifica qualquer perda de pacotes ou paragem na aplicação. Isto permite concluir que o equipamento móvel utilizado para os testes, consegue realizar sem qualquer problemas as mesmas funções que um computador ou um router, que são computacionalmente mais evoluídos. Como tal, pode-se afirmar que estes testes foram bastante satisfatórios, apesar das limitações inerentes ao *smartphone*.

Outra situação que se verificou foi o elevado consumo de bateria quando todas as aplicações/serviços estão em funcionamento. Este cenário acaba por ser normal pois estas aplicações têm uma execução complexa e pesada em termos de recursos, essencialmente para o processamento da voz e para a captura de ultra-sons, sendo que nesta última é aplicada uma FFT. Contudo, é importante salientar que, tipicamente, numa utilização normal, este cenário ocorrerá apenas durante alguns segundos, ou 1/2 minutos, pois as únicas aplicações/serviços que continuarão em utilização serão a aplicação iDASH e a conectividade wireless.

5.4 Testes de usabilidade

Para efeitos de avaliação do sistema na perspectiva do utilizador, seleccionou-se uma amostra de 10 alunos ao acaso do Instituto Superior Técnico potenciais utilizadores do sistema, com idades compreendidas entre os 19 e os 27 anos de ambos os sexos, para fazer essa avaliação através da resposta a um

inquérito.

O inquérito de avaliação é composto por 24 itens divididos em quatro grupos, aplicação iDASH (grupo A), interface web (grupo B), mordomo digital (grupo C) e sistema (grupo D), de modo a avaliar-se cada uma destas componentes isoladamente. As perguntas realizadas foram as seguintes:

Aplicação iDASH no *smartphone*

1. Qual a facilidade de compreensão?
2. Qual a facilidade de configuração dos serviços disponíveis?
3. Qual a adequação da resposta ao sistema?
4. Como classifica a estética da interface?
5. Qual a utilidade da detecção do perfil através da voz?
6. Qual a utilidade da detecção do contexto através dos ultra-sons?
7. Qual a comodidade deste sistema?
8. Qual a utilidade do funcionamento remoto?
9. Como classifica a clareza da organização da aplicação?
10. Como classifica a clareza e síntese das mensagens de erro apresentadas pela aplicação?

Interface web

11. Como classifica a estética da interface Web?
12. Qual a utilidade da visualização das tarefas do Mordomo Digital na interface Web?
13. Qual a facilidade de utilização?
14. Qual a facilidade em perceber que dispositivos estão a controlar a casa?
15. Qual a facilidade em perceber que utilizadores podem usufruir do sistema?

Mordomo digital

16. Qual a utilidade desta aplicação?
17. Qual a facilidade de utilização?
18. Qual a facilidade de utilização por controlo remoto?
19. Qual a adequação do usufruto do mordomo digital no sistema?

Sistema

20. Como classifica a clarificação da informação fornecida pelo sistema?
21. Qual a apreciação global ao sistema?
22. Recomendaria este sistema a colegas/amigos?
23. Tem interesse em possuir um sistema destes na minha casa?
24. O sistema tem todas as funcionalidades que eu esperava?

Se respondeu “não” ao item 24, indique as funcionalidades que desejaria ver neste sistema.

A análise dos resultados das respostas ao inquérito incidirá sobre cada um destes grupos, sendo que a classificação obtida por cada grupo corresponde à média aritmética dos respectivos itens de avaliação. Já a classificação média dos itens considerados corresponde à média aritmética de todas as classificações atribuídas aos mesmos.

Dos 24 itens a avaliar, 20 são para atribuir uma classificação numa escala de 1 a 5, em que 1 corresponde a uma apreciação insatisfatória e 5 corresponde a uma apreciação muito boa. Os 3 últimos itens são questões de resposta sim ou não. Os critérios de avaliação seleccionados prendem-se, essencialmente com a facilidade, utilidade, clareza e estética dos conteúdos apresentados.

Com efeito, obtiveram-se os seguintes resultados estatísticos para as médias e medianas das classificações atribuídas a cada grupo e à classificação média dos itens:

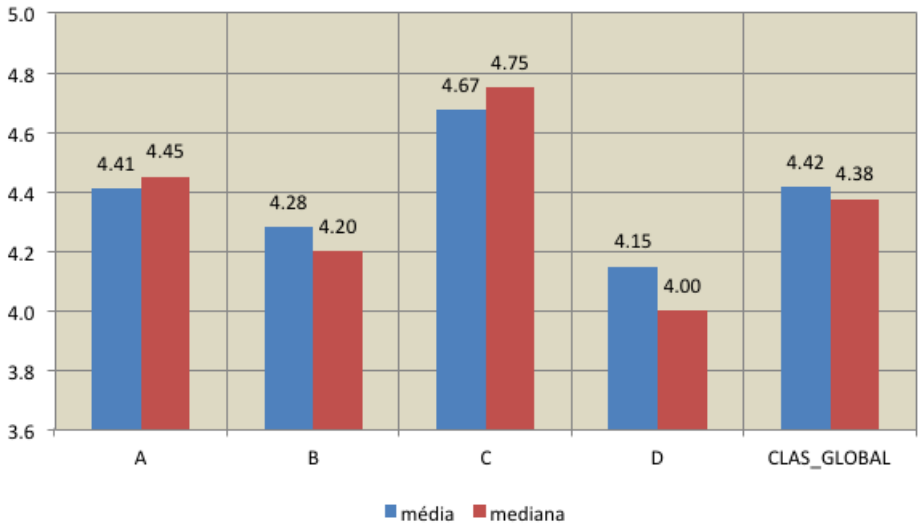

Figura 5.21: Gráfico de média e mediana das classificações de cada grupo

O grupo C, relativo à componente do mordomo digital, foi a que mereceu a melhor avaliação com 50% dos inquiridos a atribuir uma avaliação superior a 4,75. Fazendo um arredondamento (por excesso) este grupo foi o único ao qual foi atribuída uma classificação de muito bom. Os aspectos mais valorizados no mordomo digital foi a facilidade de utilização da aplicação e a sua adequação ao sistema visto que nestes itens, 80% dos inquiridos avaliou ambos com “muito bom".

Pelo contrário, o grupo D foi o que apresentou uma avaliação mais baixa, com 50% dos inquiridos a atribuir uma classificação superior a 4, ou seja, bom e muito bom. A média das classificações atribuídas foi de 4,15 que, arredondada por defeito, se pode associar à classificação “bom”. Note-se que este resultado

acaba por não se coadunar com as classificações obtidas nos restantes grupos uma vez que a componente do sistema diz respeito à avaliação conjunta das aplicações (aplicação iDASH, interface web e mordomo digital), que apresentam melhores resultados de avaliação. Aliás, também se verifica um desvio entre a média das classificações atribuídas à questão 21, da apreciação global do sistema, e a média obtida a partir das classificações atribuídas a todos os itens (excepto o 21).

O item 6, sobre a utilidade da detecção do contexto através dos ultra-sons na aplicação iDASH, foi avaliado com "muito bom" por 90% dos inquiridos. Para além dos itens do grupo C atrás referidos, também o item 11 sobre a estética da interface Web foi avaliada por 80% dos inquiridos com "muito bom".

Na perspectiva dos inquiridos, um dos pontos fracos do sistema diz respeito à clareza e síntese das mensagens de erro apresentadas pela aplicação iDASH (item 10) e à facilidade em perceber que dispositivos estão a controlar a casa (item 14). Em ambos os itens, 80% dos inquiridos avaliou-os, respectivamente, com uma classificação de "satisfatório" ou "bom".

Quanto às questões de resposta de "sim" ou "não" sobre o sistema, regista-se de forma positiva o facto de todos os inquiridos terem respondido que recomendariam o sistema a colegas/amigos e de 90% dos inquiridos terem respondido que teriam interesse em possuir um sistema destes na sua casa.

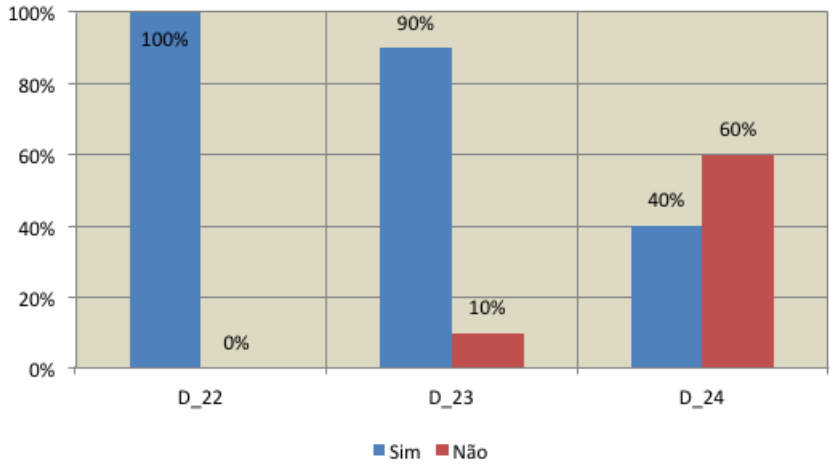

Figura 5.22: Gráfico de média e mediana das respostas às perguntas 22, 23 e 24

Na questão 24 acerca da funcionalidade do sistema, 60% dos inquiridos responderam que tem todas as funcionalidades esperadas sendo que os restantes 40% responderam negativamente a esta questão. Dos inquiridos que deixaram sugestões no âmbito desta questão é de registar a seguinte que foi tida em consideração e que foi implementada: ter o perfil a partir da interface no smartphone. Quanto às demais sugestões apresentadas, foram tidas em conta para trabalho futuro as seguintes: poder ver informação sobre conteúdos multimédia, controlo ambiental e conseguir definir através da agenda (mordomo digital)

um ambiente para determinados dias.

Por fim, a média das classificações atribuídas ao item 21, da apreciação global, é de 4,2 pontos que pertence ao intervalo de confiança para a média com uma confiança de 95%,]3,9;4,5[. Se alternativamente se considerar a média aritmética global das classificações obtidas de 4,415 pontos para a qual o intervalo de confiança a 95% é]4,21;4,62[, chega-se a uma classificação idêntica à obtida a partir dos resultados ao item 21. Deste modo, pode-se classificar a usabilidade do sistema HomeSense apresentado, em termos de avaliação global, "boa"/"muito boa", de acordo com os resultados do inquérito realizado.

6

Conclusões

Recentemente, a área de ambientes inteligentes para residências tem vindo a ser cada vez mais explorada, existindo uma grande quantidade de produtos finais para o cliente. No entanto, muitas destas soluções ainda apresentam algumas falhas, muitas vezes ao nível da facilidade de utilização por parte do utilizador e ao nível da mobilidade.

Por outro lado, os *smartphones* têm tido uma evolução brutal e consequentemente, tem-se verificado um aumento exponencial do número de vendas destes dispositivos. Isto acontece graças à evolução da tecnologia, que leva à diminuição dos custos de fabrico de muitos equipamentos, permitindo ter um leque muito variado de equipamentos, uns com mais ou menos funções que outros, a todos os preços. Um dos grandes desafios do momento, tem sido a integração destes dispositivos móveis em muitas soluções do nosso dia-a-dia.

De modo a resolver algumas lacunas das soluções de *smart home* existentes e graças a esta proliferação dos *smartphones*, fez todo o sentido o desenvolvimento de uma solução para o mercado residencial em que estivessem integrados estes equipamentos no ambiente inteligente. De tal modo que se pretendeu dar continuidade ao projecto iDASH, permitindo a utilização dos dispositivos móveis, neste caso baseados no sistema operativo iOS da Apple, para interacção com o espaço inteligente. A integração destes dispositivos

foi conseguida graças à interoperabilidade permitida pela solução já existente.

De forma a manter a coerência entre os componentes já criados, foi criada uma arquitectura similar à do iDASH, contudo foram retirados alguns elementos que não seriam necessários nos equipamentos móveis e que poderiam causar uma sobrecarga adicional nos dispositivos.

Foram também introduzidos alguns métodos tecnologicamente avançados, essencialmente para a detecção de perfil e para a detecção de contexto. A detecção de perfil, além dos métodos já existentes (Arduino e *tag* RFID), passou a ser feita através do reconhecimento da voz do utilizador, o que elimina a necessidade dele transportar uma *tag*. Em relação à alteração de contexto, este processo passou a ser totalmente automático, bastando, para tal, o utilizador transportar o seu equipamento móvel. Desta forma, ele já não precisa de se autenticar novamente a cada mudança de local.

Adicionalmente, foi também criada uma aplicação, designada por "Mordomo Digital", a qual permite sincronizar tarefas criadas pelas pessoas da casa entre elas mesmas. As tarefas criadas podem também ser visualizadas na interface web criada no iDASH. Para tal, foi adicionada uma página onde aparecem as ditas tarefas, com a hora e local da sua realização.

Graças ao ambiente de teste criado e utilizado para avaliar a solução desenvolvida, foi possível efectuar testes de usabilidade e desempenho para analisar o comportamento do sistema. Os resultados obtidos foram bastante satisfatórios, embora se verificasse a paragem forçada da aplicação em determinadas situações. Contudo estas paragens não põem em causa o bom funcionamento da solução, visto que as mensagens trocadas entre os dispositivos são relativamente poucas e o equipamento móvel consegue facilmente tratá-las. Outro ponto a salientar dos resultados obtidos foi os tempos de resposta verificados, pois se compararmos com os gráficos existentes no documento do iDASH, conseguimos perceber que estes valores são muito superiores àqueles obtidos nos routers e computadores. Mas deve-se salientar que estes últimos equipamentos têm um desempenho muito superior, principalmente graças ao processador que possuem e à fonte de energia. Acredita-se que com os equipamentos Apple mais recentes (2010+), os resultados seriam completamente diferentes. Por fim, é importante realçar o bom desempenho obtido numa ligação remota, pois todo o tráfego atravessa várias redes, é alvo de processamento no router de casa, sendo depois encaminhado para um equipamento e finalmente distribuído a todos os dispositivos da casa inteligente.

A crescente evolução nos equipamentos móveis multifuncionais poderá permitir a utilização de novas características, tais como novos sensores (giroscópio, entre outros), para a criação de novas funcionalidades e/ou aplicações.

Finalmente, com os resultados obtidos, pode-se afirmar que a integração dos *smartphones* nas casas inteligentes é viável e uma mais-valia, verificando-se que a aplicação criada é muito bem aceite pelos utilizadores, principalmente ao nível da interface. Estes resultados também nos mostram que a componente móvel acrescentada neste projecto ao iDASH permite aumentar a comodidade e satisfação das pessoas,

proporcionando-lhes uma melhor qualidade de vida.

6.1 Trabalho Futuro

Actualmente existem muitos desafios que podem ser tidos em conta de modo a melhorar e adaptar esta solução ao constante avanço tecnológico a que estamos sujeitos. Contudo, é importante analisar bem o que se quer implementar, pois novas componentes para esta solução podem aumentar significativamente a complexidade, o que pode não ser desejado. Logo é indispensável relembrar sempre as limitações físicas, seja em termos de processamento, bateria ou memória, existentes nos diferentes equipamentos, pois um dos pontos fortes deste projecto é a interoperabilidade. Seguidamente são apresentados alguns objectivos que podem ser pensados em trabalho futuro:

- Integração de sensores típicos de uma casa, tais como os sensores de temperatura e/ou de humidade, no *middleware*;
- Estender a aplicação que for desenvolvida no ponto anterior ao iPhone, de modo a ser possível verificar e controlar a temperatura, por exemplo, de uma determinada localização;
- Criação de uma componente que permite guardar e gerir informações sobre os consumos energéticos feitos na casa;
- Criação de um directório com conteúdos multimédia. Deverá ser possível visualizá-los em qualquer equipamento (TV, iPhone, etc.) e configurar/escolher os conteúdos, que desejam ser vistos, através do iPhone;
- Estender esta solução existente para o iPhone aos equipamentos com Android e Windows Phone 7;
- Alterar o processo de tratamento da voz para identificação do utilizador, de modo a analisar o timbre e outras características da voz humana;
- Detectar as pessoas numa determinada localização, por exemplo através de *tags* RFID nas suas roupas, de modo a não desligar os serviços se o utilizador com o *smartphone* sair da mesma.

Bibliografia

[1] B. J. F. Gonçalves, "iDASH - Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Redes de Comunicação," 2010.

[2] I. Lopes, B. Vaidya, and J. Rodrigues, "Sensorfall an accelerometer based mobile application," in 2nd International Conference on Computational Science and Its Applications, Jeju Island, Korea, 2009, pp. 749–754. [Online]. Available: http://netgna.it.ubi.pt/files/2009-WIMUCS.pdf

[3] H. Turner, J. White, C. Thompson, K. Zienkiewicz, S. Campbell, and D. Schmidt, "Building Mobile Sensor Networks Using Smartphones and Web Services: Ramifications and Development Challenges," Handbook of Research on Mobility and Computing, Hershey, PA. http://www. cs. wustl. edu/\˜ schmidt/PDF/hamilton-book-chapter. pdf, 2009. [Online]. Available: http://lsrg.cs.wustl.edu/˜schmidt/PDF/new-ww-mobile-computing.pdf

[4] P. R. Ribeiro and S. Rebelo, "A distributed service-oriented middleware for ad-hoc home networking environments - Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Redes de Comunicação," 2009.

[5] V. Filonenko, C. Cullen, and J. Carswell, "Investigating ultrasonic positioning on mobile phones," in Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 2010 International Conference on. IEEE, 2010, pp. 1–8. [Online]. Available: http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5648235

[6] P. Report, "SM A R T H O M E A PP L I C A T I O NS F O R," Computer, 2010.

[7] S. Hussain, S. Schaffner, and D. Moseychuck, "Applications of wireless sensor networks and rfid in a smart home environment," in 2009 Seventh Annual Communication Networks and Services Research Conference. Moncton, New Brunswick, Canada: IEEE, 2009, pp. 153–157. [Online]. Available: http://www.computer.org/portal/web/csdl/doi/10.1109/CNSR.2009.32

[8] Q. Li, J. Stankovic, M. Hanson, A. Barth, J. Lach, and G. Zhou, "Accurate, fast fall detection using gyroscopes and accelerometer-derived posture information," 2009 Body Sensor Networks, pp. 138–143, 2009. [Online]. Available: http://www.computer.org/portal/web/csdl/doi/10.1109/BSN.2009.46

[9] R. Srinivasan, C. Chen, and D. Cook, "Activity Recognition using Actigraph Sensor," vol. 7, 2010. [Online]. Available: http://eecs.wsu.edu/~cook/pubs/kdd10p3.pdf

[10] J. Kwapisz, G. Weiss, and S. Moore, "Activity recognition using cell phone accelerometers," ACM SIGKDD Explorations Newsletter, vol. 12, no. 2, pp. 74–82, 2011. [Online]. Available: http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1964918

[11] F. Moiz, W. D. L. Salas, and Y. Lee, "Motion Tracking for Smart Home Care," pp. 2–2.

[12] H. Lee, J. Park, and A. Helal, "Estimation of Indoor Physical Activity Level Based on Footstep Vibration Signal Measured by MEMS Accelerometer for Personal Health Care Under Smart Home Environments," Control And Instrumentation, no. 5, 2009. [Online]. Available: http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Estimation+of+Indoor+Physical+Activity+Level+Based+on+Footstep+Vibration+Signal+Measured+by+MEMS+Accelerometer+for+Personal+Health+Care+Under+Smart#0

[13] J. Jung, A. Sheth, S. Consolvo, B. Greenstein, A. LaMarca, and D. Wetherall, "Taking the Mystery Out of Sensing Devices in the Home," Human Factors, 2010. [Online]. Available: http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Taking+the+Mystery+Out+of+Sensing+Devices+in+the+Home#0

[14] I. Beckhaus, T. Westermann, and I. Möller, "I ,Äô m Home Smartphone-enabled Gestural Interaction with Multi-Modal Smart-Home Systems," tilowestermann.eu, 2010. [Online]. Available: http://tilowestermann.eu/download/Diplomarbeit.pdf

[15] M. Sarnovsk\'y, P. Kosteln\'\ik, P. Butka, J. Hre\vno, and D. Lacková, "First Demonstrator of HYDRA Middleware Architecture for Building Automation," in Proceedings of the scientific conference Znalosti 2008, 2008. [Online]. Available: http://www.hydramiddleware.eu/hydra_papers/First_Demonstrator_of_HYDRA_Middleware_Architecture_for_Building_Automation.pdf

A

Anexo A

A.1 Manual de instalação

Nesta secção é descrito o manual para instalar e utilizar todo este sistema.

A.1.1 Instalação

Para ter o middleware iDASH a funcionar em todos os dispositivos será necessário as configurações descritas de seguida.

Servidor idash-server - Linux

(1) Depois de instalar o Ubuntu, efectuar todas as actualizações que ele recomendar;

(2) Instalar o pacote Build-essential;

(3) Instalar o pacote java (adicionar repositórios, caso não estejam);

(4) Instalar o VLC;

(5) Adicionar o repositório "apt-add-repository ppa:johnf-inodes/segmenter"e instalar o pacote segmenter;

(6) Instalar o Pyro (Python Remote Objects), o qual pode ser descarregado do site

http://irmen.home.xs4all.nl/pyro/;
(7) Copiar o que está na pasta /home/leme/Homesense/Framework/python-libs para a pasta /usr/lib/pythonx/dist-packages;
(8) Instalar o pacote ubuntu-restricted-extras;
(9) Instalar o pacote non-free-codecs;
(10) Fazer o download do site da Phidget, do driver para o PhidgetRFID. Depois ao instalar, se pedir uma biblioteca libusb, instalar o libusb-dev;
(11) Copiar a pasta resultante para a pasta dist-packages;
(12) Efectuar o download e instalação do software para o squeezebox server, através do site http://downloads.slimdevices.com/SqueezeboxServer_v7.6.1/.

Portátil leme-mb06 - Linux

(1) Depois de instalar o Ubuntu, efectuar todas as actualizações que ele recomendar;
(2) Instalar o pacote Build-essential;
(3) Instalar o pacote java (adicionar repositórios, caso não estejam);
(4) Instalar o VLC;
(5) Instalar o tinyOS. Deverá ser feito o download do site http://sing.stanford.edu/tinyos/dists/ubuntu/ e deverá ser seguido o tutorial http://docs.tinyos.net/tinywiki/index.php/Installing_TinyOS_2.1.1#Two-step_install_on_your_host_OS_with_Debian_packages;
(6) Instalar o Pyro (Python Remote Objects), o qual pode ser descarregado do site http://irmen.home.xs4all.nl/pyro/;
(7) Copiar o que está na pasta /home/leme/Homesense/Framework/python-libs para a pasta /usr/lib/pythonx/dist-packages;
(8) Instalar o pacote ubuntu-restricted-extras;
(9) Instalar o pacote non-free-codecs;
(10) - Instalar o pacote python-cwiid para o WiiMote.

Portátil leme-mb1 - Windows

(1) Depois de instalar o Windows, efectuar todas as actualizações que ele recomendar;
(2) Instalar o VLC;
(3) Instalar o Python;
(4) Instalar o Pyro (Python Remote Objects), o qual pode ser descarregado do site http://irmen.home.xs4all.nl/pyro/.

Router tmn-rt4 - OpenWRT

(1) Depois de instalar o OpenWRT, efectuar todas as actualizações que ele recomendar;
(2) Instalar o Pyro (Python Remote Objects), o qual pode ser descarregado do site
http://irmen.home.xs4all.nl/pyro/;
(3) Copiar o que está na pasta /home/root/iDASHv3/Framework/python-libs para a pasta /usr/lib/pythonx/dist-packages;
(4) Instalar o pacote heyu.

iPod 2G - iOS 4.2.1

(1) Compilar o código através do Xcode no computador de desenvolvimento, com as opções "Device"e "Release"seleccionadas;
(2) Ligar o smartphone na mesma rede do computador de desenvolvimento;
(3) No computador, através da consola, aceder à pasta do projecto e depois aceder à pasta /build/Release.../;
(4) Na consola, introduzir o comando seguinte, onde deverá ser substituído o campo <ip do ipod> pelo endereço IP do iPod;
scp -r Homesense.app mobile@<ip do ipod>:/Applications/ (5) A password é *alpine*.

A.1.2 Utilização

De modo a utilizar o *middleware* iDASH, deverá ser seguida a seguinte lista de procedimentos:
(1) Ir para a pasta /home/leme/Homesense/ em todos os equipamentos iDASH, que são os dois computadores presentes na sala 1.4.14, o computador presente na sala 1.4.16 e o router "tmn-rt4"presente na sala 1.4.16;
(2) Nessa mesma pasta, correr o script de arranque do seguinte modo: ./startiDASH.sh. Desta forma todos os equipamentos estarão a correr o *middleware*;
(3) No smarphone, basta seleccionar a aplicação Homesense. Quando esta arrancar, o utilizador deverá se identificar de acordo com as informações que forem aparecendo.

A.2 Características do equipamento móvel para teste

Na tabela A.1, são apresentadas as características do iPod que foi utilizado para todo o desenvolvimento deste projecto, assim como para os testes que foram realizados no final.

Material do visor	Vidro
Sistema operativo	iOS 4.2.1
Capacidade	8 GB
Wifi	802.11 b/g
Autonomia da bateria	Até 6h em vídeo e 36h em áudio
Bluetooth	2.1
Processador	620MHz, ARM 1176JZ(F)-S core
Memória RAM	128 MB
Sensores	Luz, acelerómetro, proximidade, microfone

Tabela A.1: Características do equipamento móvel utilizado

A.3 Inquérito de usabilidade

Para a realização do inquérito de usabilidade, foi definido um conjunto de tarefas que deveriam ser realizadas por pessoas anónimas e sem qualquer conhecimento do sistema. As tarefas definidas foram as seguintes:

(1) iniciar a aplicação iDASH no smartphone e identificar-se;

(2) iniciar a visualização de vídeo no smartphone;

(3) mudar de sala;

(4) desactivar o serviço de multimédia associado ao utilizador;

(5) visualizar a aplicação através da interface Web;

(6) criar uma tarefa através da aplicação de Mordomo Digital;

(7) sair de casa.

No final da execução das tarefas, os utilizadores tinham à sua disposição um inquérito com as seguintes questões:

Aplicação iDASH no *smartphone*

1. Qual a facilidade de compreensão?
2. Qual a facilidade de configuração dos serviços disponíveis?
3. Qual a adequação da resposta ao sistema?
4. Como classifica a estética da interface?
5. Qual a utilidade da detecção do perfil através da voz?

6. Qual a utilidade da detecção do contexto através dos ultras-sons?
7. Qual a comodidade deste sistema?
8. Qual a utilidade do funcionamento remoto?
9. Como classifica a clareza da organização da aplicação?
10. Como classifica a clareza e síntese das mensagens de erro apresentadas pela aplicação?

Interface web

11. Como classifica a estética da interface Web?
12. Qual a utilidade da visualização das tarefas do Mordomo Digital na interface Web?
13. Qual a facilidade de utilização?
14. Qual a facilidade em perceber que dispositivos estão a controlar a casa?
15. Qual a facilidade em perceber que utilizadores podem usufruir do sistema?

Mordomo digital

16. Qual a utilidade desta aplicação?
17. Qual a facilidade de utilização?
18. Qual a facilidade de utilização por controlo remoto?
19. Qual a adequação do usufruto do mordomo digital no sistema?

Sistema

20. Como classifica a clarificação da informação fornecida pelo sistema?
21. Qual a apreciação global ao sistema?
22. Recomendaria este sistema a colegas/amigos?
23. Tem interesse em possuir um sistema destes na minha casa?
24. O sistema tem todas as funcionalidades que eu esperava?

Se respondeu "não" ao item 24, indique as funcionalidades que desejaria ver neste sistema.